

**DISEÑO Y SIMULACION DE UNA SOLUCIÓN CONVERGENTE DE
COMUNICACIONES CON CALL MANAGER EXPRESS CENTRALIZADO PARA
ORGANIZACIÓN MULTISITIO O CON REDES DISTRIBUIDAS**

GUSTAVO ADOLFO CEPEDA SALAZAR

CODIGO: 1400448

RAFAEL ENRIQUE MORALES ROBAYO

CODIGO: 1400340

**UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA DE INGENIERIA EN TELECOMUNICACIONES
BOGOTA D, C, NOVIEMBRE DE 2011**

**DISEÑO Y SIMULACION DE UNA SOLUCION CONVERGENTE DE
COMUNICACIONES CON CALL MANAGER EXPRESS CENTRALIZADO PARA
ORGANIZACIÓN MULTISITIO O CON REDES DISTRIBUIDAS**

GUSTAVO ADOLFO CEPEDA SALAZAR

CODIGO: 1400448

RAFAEL ENRIQUE MORALES ROBAYO

CODIGO: 1400340

**TRABAJO DE GRADO COMO REQUISITO PARA OPTAR AL TITULO DE
INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES**

ING. DARIO BECERRA

DIRECTOR

**UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA DE INGENIERIA EN TELECOMUNICACIONES
BOGOTA D, C, NOVIEMBRE DE 2011**

TABLA DE CONTENIDO

LISTA DE FIGURAS	5
LISTA DE GRÁFICAS	6
LISTA DE TABLAS	7
LISTA DE ANEXOS	8
1. CAPITULO I	9
1.1. INTRODUCCION.....	9
1.2. TITULO.....	10
1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	10
1.4. OBJETIVO GENERAL.....	10
1.5. OBJETIVOS ESPECIFICOS	11
1.6. JUSTIFICACIÓN.....	11
1.7. LINEA DE INVESTIGACIÓN	12
2. CAPITULO II	13
2.1. ANTECEDENTES	13
2.2. MARCO TEORICO	19
2.2.1. MARCO TEORICO CONCEPTUAL.....	19
2.2.2. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL	24
3. CAPITULO III	30
3.1. INGENIERIA DEL PROYECTO.....	30
3.1.1. ESTADO DEL ARTE	30
3.1.2. ESTRATEGIA METODOLOGICA.....	31
3.1.3. REQUERIMIENTOS DE DISEÑO PARA REDES DE VoIP	32
3.2. DISEÑO DE LA SOLUCIÓN.....	33
3.2.1. SELECCIÓN PROTOCOLO DE SEÑALIZACIÓN	33
3.2.2. SELECCIÓN DEL CÓDEC	34
3.2.3. VENTAJAS Y DESVENTAJAS	34
3.2.4. SELECCIÓN DE ELEMENTOS DE RED	36
3.2.5. PRUEBAS DE TELEFONÍA	38
3.2.6. ESCENARIO DE PRUEBAS	38

4. CAPITULO IV	41
4.1. ANALISIS DE RESULTADOS.....	41
5. CAPITULO V.....	57
5.1. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	57
5.1.1. CONCLUSIONES.....	57
5.1.2. RECOMENDACIONES.....	58
BIBLIOGRAFIA	59

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Solución SAGE, comunicaciones unificadas	15
Figura 2: Sistema actual.....	31
Figura 3: Solución propuesta.....	38
Figura 4: Escenario de Pruebas Solución.....	40
Figura 5: WAN Killer.....	41
Figura 6: Monitoreo uso de CPU Router Centro.....	50
Figura 7: Monitoreo uso de memoria RAM Router Centro	50
Figura 8: Monitoreo Serial Centro a Serial Norte	51
Figura 9: Monitoreo Serial Centro a Serial Sur	51
Figura 10: Monitoreo Fast Ethernet 0/0 Centro (Troncal).....	52
Figura 11: Monitoreo Fast Ethernet 0/0.10 Centro (VLAN Datos).....	52
Figura 12: Monitoreo Fast Ethernet 0/0.20 Centro (VLAN Voz)	53
Figura 13: Disponibilidad Router Centro	53
Figura 14: Disponibilidad Router Norte	54
Figura 15: Disponibilidad Router Sur.....	54
Figura 16: Latencia Router Centro.....	55
Figura 17: Latencia Router Norte.....	55
Figura 18: Latencia Router Sur	56
Figura 19: Monitoreo de Tráfico pico.....	56

LISTA DE GRÁFICAS

Gráfica 1. Consumo Ancho de Banda IAX (Forward)	42
Gráfica 2. Consumo Ancho de Banda IAX (Reverse)	42
Gráfica 3. Jitter IAX	43
Gráfica 4. Consumo Ancho de Banda SIP Asterisk (Forward)	44
Gráfica 5. Consumo Ancho de Banda SIP Asterisk (Reverse)	44
Gráfica 6. Jitter SIP Asterisk	45
Gráfica 7. Consumo Ancho de Banda SCCP (Forward)	46
Gráfica 8. Consumo Ancho de Banda SCCP (Reverse).....	46
Gráfica 9. Jitter SCCP	47
Gráfica 10. Consumo Ancho de Banda SIP CME (Forward)	48
Gráfica 11. Consumo Ancho de Banda SIP CME (Reverse)	48
Gráfica 12. Jitter SIP CME	49

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Factor de deterioro por Códec	32
Tabla 2. Comparación entre protocolos de señalización	33
Tabla 3. Protocolos de señalización en Software libre y propietario	33
Tabla 4. Ventajas y Desventajas Asterisk.....	34
Tabla 5. Ventajas y Desventajas CME	35
Tabla 6. Características Asterisk vs. CME.....	35
Tabla 7. Máximo número de teléfonos por plataforma.....	37

LISTA DE ANEXOS

ANEXO A: Guía Metodológica.

1. CAPITULO I

1.1. INTRODUCCION

En 1854, el francés Charles Bourseul expuso la idea de utilizar las vibraciones producidas por la voz sobre un disco flexible, con el fin de activar y desactivar un circuito eléctrico y producir las mismas vibraciones en un lugar distante del lugar de origen. Más tarde el alemán Johann Reis desarrollo un instrumento capaz de transmitir notas musicales, aunque no podía reproducir la voz humana.

Hasta 1877, tras descubrir que para transmitir la voz humana solo se podía utilizar corriente continua, el estadounidense Alexander Graham Bell, construyó el primer teléfono capaz de transmitir y recibir la voz humana con todas sus características. Básicamente el primer teléfono de Bell estaba constituido por un emisor, un receptor y un único cable de conexión. Tanto el emisor como el receptor estaban formados por un diafragma metálico flexible y un imán con forma de herradura en el interior de la bobina. Las ondas del sonido que chocaban sobre el diafragma lo hacían vibrar en el campo magnético del imán. Dicha vibración inducía una corriente en la bobina, que variaba según las vibraciones del diafragma. Dicha corriente se transmitía por el cable hacia el receptor del otro teléfono, en el cual la variación del campo magnético hacia que el diafragma varié reproduciendo el sonido original. ^[1]

Debido a la globalización y la dinámica que viven los mercados en el mundo, las organizaciones son conscientes de que estos procesos deben ir acompañados de un desarrollo tecnológico continuo, que le permitan expandir sus fronteras y conquistar nuevos mercados, por lo cual se hace necesario establecer sucursales, requiriendo la expansión de sus redes e infraestructura de comunicaciones y es por esto que es necesario realizar una migración de la telefonía tradicional análoga a una tecnología moderna que permita una convergencia de redes e integración de servicios, esta tecnología es la telefonía IP, la cual ofrece más y mejores funciones que las que ofrecía la telefonía análoga.

Antes de llevar a cabo la implementación de una red de voz sobre IP (VoIP) se deben seguir los siguientes pasos o etapas: planeación, diseño, y la prueba de una red piloto, en la cual se lleva a cabo la instalación de la red en un laboratorio o escenario de prueba en el que se podrá comprobar el correcto funcionamiento de

^[1] Joskowic José. IIE. [On line], Consultado el 2 de octubre de 2011, en: <http://iie.fing.edu.uy/ense/assign/redcorp/material/2008/Historia%20de%20las%20Telecomunicaciones%202008.pdf>

las aplicaciones y funciones de la red de modo que se pueda observar y documentar su funcionamiento para realizar las correcciones y modificaciones necesarias que permitan alcanzar el punto de equilibrio del proyecto.

1.2. TITULO

Diseño y simulación de una solución de VoIP y videoconferencia con Call Manager Express centralizado para la interconexión de una organización con redes distribuidas o multisitio.

El título del proyecto, fue realizado teniendo en cuenta la importancia que tiene el hecho de que sea claro para el lector, con lo cual buscamos expresar en breves líneas en qué consiste nuestro proyecto y que elementos serán utilizados en el mismo.

1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Actualmente las organizaciones cuentan con soluciones telefónicas Análogas o Digitales en cuyos casos los fabricantes ya han dejado de producir módulos o un servicio técnico a estas tecnologías lo que ha producido la obsolescencia de las mismas, a lo anterior se suma, que estas centrales telefónicas requieren para su configuración y funcionamiento de Teléfonos secretariales administradores propietarios de cada fabricante así como la implementación de estas configuraciones por parte de personal debidamente capacitado y autorizado por las mismas, los procesos de administración de las centrales se llevan a cabo con software propietario del fabricante de cada central telefónica, en el cual algunas de ellas no cuentan con una función que permita llevar a cabo un registro y control de las llamadas.

De lo anterior podemos evidenciar que al no requerir de la red de telefonía pública se puede lograr una disminución en el número de líneas análogas necesarias para este propósito, esto debido a que la solución planteada hará uso de la red de datos para la conectividad de las sedes de cada organización reduciendo los gastos de renta por las líneas que conectan a la PSTN.

1.4. OBJETIVO GENERAL

- Diseñar y simular una solución de VoIP con un Call Manager Express centralizado para la interconexión de las sedes de una organización multisitio.

1.5. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Diseñar una solución tecnológica de interconexión mediante VoIP de una organización multisitio.
- Analizar las ventajas y desventajas de Call Manager Express de Cisco, o software libre Asterisk en una red convergente para una organización multisitio.
- Identificar los elementos de red necesarios para que se pueda realizar la interoperabilidad de las redes de voz, video y datos.
- Generar un ambiente de pruebas que permita alcanzar el punto de estabilidad del Proyecto.
- Analizar el desempeño de los protocolos SIP y SCCP en una red de entorno Cisco.
- Implementar la solución en VoIP que permite satisfacer las necesidades de interconexión de una organización multisitio.
- Definir una guía metodológica para el proceso de configuración e implementación de una solución de comunicaciones convergentes con un Call Manager Express centralizado en una organización multisitio.

1.6. JUSTIFICACIÓN

Esta propuesta de diseño tiene su origen en el requerimiento de implementación de una solución de VoIP para la interconexión de las sedes de una organización con redes distribuidas.

ASPECTOTÉCNICO

Mediante la segmentación de la red y la creación y uso de VLAN, se asignaran segmentos de red específicos para los teléfonos IP, para llevar a cabo el manejo de los paquetes de voz para garantizar la calidad del servicio (QoS).

ASPECTO TECNOLÓGICO

Esta solución es altamente escalable, cuenta con una capacidad mayor en cuanto a la administración de líneas y equipos de telefonía, ofrece soluciones para el uso

de buzones de voz, facilita la integración de líneas análogas en las digitales, lo cual simplifica su instalación, mantenimiento y reduce los costos en el largo plazo.

ASPECTO SOCIAL

Durante el desarrollo e implementación de este proyecto se busca que el mayor beneficiado sea la comunidad neogranadina en especial los estudiantes del programa de Ingeniería en telecomunicaciones, porque de la documentación producto de este proyecto, se encontrara el estudio de la situación actual de la telefonía en diferentes situaciones de una organización, el cual brinda una mejor visión, para poder establecer las fortalezas y debilidades de la tecnología de VoIP.

ASPECTO ECONÓMICO

En este diseño hará uso de una infraestructura completamente nueva con lo cual los gastos de inversión se verán refregados a largo plazo con la disminución de líneas análogas que conectan a la PSTN además como elemento de valor agregado podrá garantizar que las organizaciones cuenten con una solución escalable y de calidad.

ASPECTO PRÁCTICO

El diseño planteado busca llevar a cabo una mejora del servicio de telefonía, esto con el fin de responder a las necesidades que surgen a raíz del crecimiento que viene presentando actualmente las organizaciones como lo son procesos de modernización y ampliación de la cobertura no solo a nivel local sino también regional el resultado más visible de la implementación de este diseño será la reducción en tiempos de espera y el aumento de la calidad del servicio haciendo de este proceso un factor decisivo en la productividad de cada dependencia de la organización.

1.7. LINEA DE INVESTIGACIÓN

Este proyecto se encuentra relacionado al Grupo de Investigación en Seguridad y Sistemas de Comunicaciones (GISSIC) dentro de la línea de investigación de Sistemas de Comunicaciones, cumpliendo con los lineamientos establecidos por dicho grupo.

2. CAPITULO II

2.1. ANTECEDENTES

Antecedentes Internacionales

Sage España ^[2] es el líder en desarrollo de soluciones de gestión empresarial para pequeñas y medianas empresas, desde el software y los servicios a la consultoría y la formación. Actualmente dispone de más de 340.000 clientes a nivel nacional.

La compañía está integrada por tres divisiones: Gran Empresa, Mediana Empresa y Pequeña Empresa, cada una de ellas especializada en un segmento de mercado concreto para ofrecer las soluciones y servicios que mejor se adapten a sus necesidades.

Los servicios que ofrecen:

- Soluciones y servicios que una empresa demanda para cubrir sus necesidades de gestión (contabilidad, la facturación, las nóminas, seguridad, etc.).
- Amplio catálogo de servicios que acompañan y dan valor a las soluciones, desde el mantenimiento a la actualización, pasando por el servicio técnico, servicios online, consultoría, etc.
- Capacidad de llegar a todo el espectro empresarial, sin importar el sector de actividad ni el tamaño de empresa.

El objetivo:

- Sage España ha pretendido mantener y mejorar la excelencia en el 'contact center', mediante la renovación de todos los sistemas involucrados en la atención multicanal a nuestros clientes.

^[2]Infinity - Vocalcom Company.[On line],Consultado el 2 de marzo de 2011, en:
http://www.infinity.es/uploads/partner/Casos/Success_Story_SAGE.pdf

Para ello, dividió este proyecto en dos grandes fases:

- Cambio de infraestructura de la gestión telefónica de las divisiones de pequeña y mediana empresa.
- Migración de la plataforma de la mediana empresa.
- Los trabajos realizados en cada fase han sido tomados de requerimientos y mejoras con los departamentos implicados, instalación del hardware y software, desarrollo de scripts e IVR, formación y soporte a la puesta en producción.

El acuerdo alcanzado con Infinity, a Vocalcom Company:

- Consultoría, instalación, integración con nuestros sistemas.
- Mantenimiento preventivo, correctivo y evolutivo.
- Contratación consultoría post-instalación.

SAGE se ha marcado como reto mantener y mejorar la excelencia en el 'contact center', mediante la renovación de todos los sistemas involucrados en la atención multicanal a sus clientes.

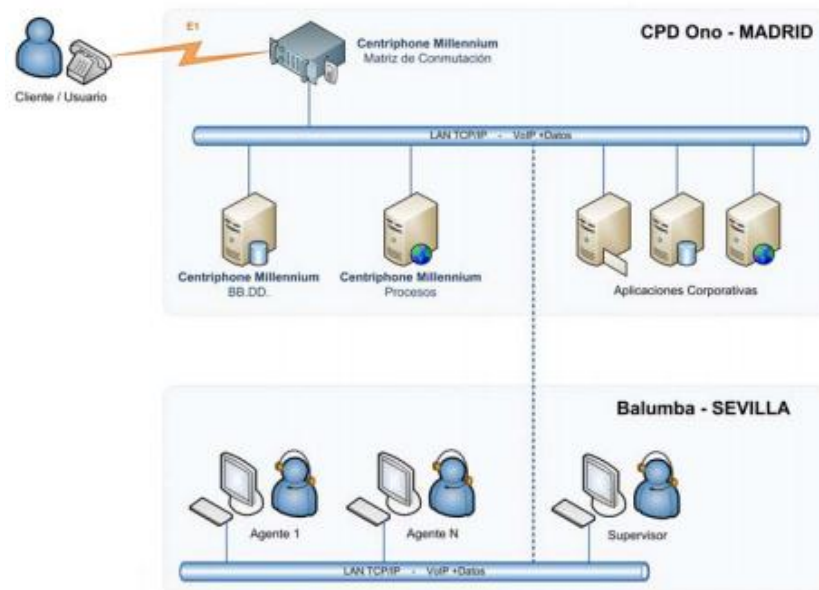


Figura 1: Solución SAGE, comunicaciones unificadas

Javier Gimeno, Chief Technical Officer de Infinity, a Vocalcom company: “Hemos actuado con un doble rol. Por un lado como integradores de Avaya y Verint y por otro lado como fabricante del software CTI e IVR.

Con esta vocación de servicio, hemos minimizado las dificultades de la integración, al considerarlo un proyecto ‘llaves en mano’, a la vez que hemos reducido los costes y tiempo de implementación a nuestro cliente. Finalmente, una vez en fase de mantenimiento, nuestros consultores expertos en ‘contact center’ acompañarán a los gestores de SAGE en el análisis y mejora de la operación, tanto a nivel cuantitativo como cualitativo”.

La tecnología que soporta el servicio:

- Contact Center IP, ACD y red convergente de AVAYA.
- CTI, Marcador predictivo, Scripting, Monitorización y Supervisión Hermes.net de Infinity, a Vocalcom Company.
- IVR de Infinity, a Vocalcom Company, con TTS y ASR de Loquendo.
- Grabación y gestión de calidad.

La solución:

Sage España ha implantado las soluciones de atención al cliente y comunicaciones unificadas de Infinity, a Vocalcom company y Avaya, respectivamente para:

- Aumentar la productividad del Call Center.
- Personalizar la comunicación de los agentes con los clientes.
- Optimizar su servicio telefónico al cliente, gracias a un equipamiento totalmente redundado y dimensionado para atender grandes volúmenes de llamadas en centros geográficamente distribuidos utilizando tecnología VoIP de Avaya.

El beneficio para el cliente:

- La infraestructura proporcionará un 99,9 % de funcionamientos con un mayor rendimiento y una sensible mejora en la calidad del servicio.
- Se ha conseguido una unificación de los recursos del 'Call Center' con una posibilidad de escalado hasta los 36.000 agentes.

Datos técnicos:

- Contact Center IP de gran capacidad con arquitectura distribuida en dos Data Centers diferentes para asegurar la operatividad ante cualquier contingencia, con agentes ubicados en diferentes plataformas. Así mismo todas las herramientas CTI tanto de agentes como de supervisor están accesibles por medio de navegadores Web. Tanto las IVR como las aplicaciones de agentes están integradas con los sistemas informáticos de SAGE manejando siempre información actualizada en tiempo real.
- Instalación de 30 primarios RDSI (900 líneas).
- 720 Extensiones de Voz sobre IP.
- 150 canales de IVR, con posibilidad de reconocimiento y síntesis de voz.
- Los equipos están ubicados en dos centros de datos diferentes, trabajando simultáneamente en balanceo de carga con alta disponibilidad y sistemas de calidad de audio y vídeo integrados.

Actualmente, se han beneficiado 300 agentes. Al finalizar la segunda fase, serán un total de 600 agentes los que dispondrán de telefonía IP, herramientas CTI en entorno Web integradas con las aplicaciones corporativas de SAGE. Los agentes están geográficamente distribuidos en tres centros diferentes y, al finalizar la segunda fase, las llamadas serán gestionadas desde cinco centros. La utilización de tecnologías de VoIP y Web permite, con enorme facilidad, la posibilidad de ampliar los centros existentes o dar servicio desde otros centros.

Este antecedente se tuvo en cuenta para tener un punto de referencia en cuanto a las soluciones de telecomunicaciones que existen en el mercado para organizaciones multisitio.

Antecedentes Nacionales.

Dentro de los principales servicios que se ofrecen en Colombia encontramos la telefonía fija, la telefonía móvil y el acceso a Internet, la telefonía IP actualmente ha sido acogida por muy pocas empresas debido a los costos en la

implementación y licenciamiento en los equipos de VoIP, dos de las principales empresas prestadoras de servicios de comunicaciones en implementar este servicio han sido ETB y Orbitel gracias a su convenio con Net2phone con lo cual están en capacidad de ofrecer una notable reducción en los costos de las llamadas nacionales e internacionales, ya que se hacen a través de las redes de datos, este servicio es altamente usado en todo el mundo una de sus limitantes es la necesidad de contar con una conexión ADSL de alta fidelidad y gran ancho de banda.

La Telefonía IP es sin lugar a dudas, uno de los desarrollos tecnológicos que están siendo rápidamente adoptados por muchas empresas hoy en día. Una de las principales razones de esta rápida migración a VoIP es la facilidad en la integración de todos los medios tecnológicos de comunicación. De esta manera los usuarios pueden estar en contacto en tiempo real con personas en cualquier lugar que se encuentren. En resumen, la Telefonía IP permite que las Comunicaciones Unificadas sean parte del ambiente de la empresa, ayudando a las mismas a ahorrar dinero e incrementar la productividad de sus empleados.

Antecedentes regionales

Dentro de los antecedentes regionales podemos encontrar la empresa SDT Ingeniería – Soluciones en Tecnología, que se describe como: *“Un integrador de Soluciones de Tecnología en Comunicaciones, orientado a mantener la innovación de sus productos, servicios y soluciones. Ofrecemos soluciones en TIC – Tecnologías de Información y Comunicaciones – para el sector Gobierno, soluciones integradas de TI para medianas y grandes empresas; y Resellers de las marcas que representamos para el mercado latinoamericano”*.^[3]

La cual presenta como casos de éxito los siguientes:

Castilla la Nueva, FASE1

Suministro e instalación de:

- La Red Remain para dar cobertura a 5 instituciones educativas rurales.

Castilla La Nueva Digital FASE 2 – 2010

- Conectividad de 4 escuelas rurales.

^[3] SDT Tecnología.[On line].Consultado el 2 de marzo de 2011, en:
http://www.sdtingeneria.com/index.php?option=com_content&view=article&id=5&Itemid=3

- Ampliación al 100% de cobertura WiFi del casco urbano de Castilla La Nueva.

Comando General de las Fuerza Militares

- Suministro e instalación de solución de conectividad para 5 sedes en Bogotá.
- Suministro e instalación de solución de VoIP.

Universidad de Córdoba

- Diseño, suministro e instalación de la red Campus WiFi para las 3 sedes de la Universidad de Córdoba, Montería, Berastegui y Loricá; incluye solución de última milla para su interconexión.

Proyecto Magdalena Digital

- Diseño, instalación de conectividad de 9 Municipios y 49 instituciones educativas mediante la implementación de una red propia para la prestación de servicios convergentes.

Hospital de Fontibón ESE

- Suministro de un Switch Core y segmentación de la red IP.
- Suministro e instalación de cableado estructurado de 80 puntos de red dobles (voz y datos), y punto eléctrico regulado y normal.

Hospital de Suba ESE

- Solución de conectividad de último kilómetro en modo de alquiler para las 17 sedes del Hospital de Suba ESE.

Este antecedente fue tenido en cuenta debido a la experiencia con que cuenta la empresa para llevar a cabo la implementación de soluciones de VoIP, así como también la tiene en la convergencia de redes y servicios lo cual resulta altamente ejemplarizante en el caso de nuestro proyecto, porque este cuenta con estos requerimientos.

2.2. MARCO TEORICO

2.2.1. MARCO TEORICO CONCEPTUAL

VoIP

Voz sobre IP (*VoIP*) hace referencia a la tecnología utilizada en el enrutamiento de paquetes de voz a través de Internet o una red informática. Para hacer llamadas sobre VoIP, el usuario debe contar con alguna de las soluciones que actualmente se encuentran disponibles en el mercado, entre las que se encuentran: software basado en el protocolo de señalización SIP, o algún tipo de teléfono que soporte los mismos o algún protocolo propietario como SCCP, DCP o IAX. Esta tecnología permite realizar llamadas telefónicas a cualquier lugar o cualquier persona, tanto a números configurados en VoIP, así como a números telefónicos tradicionales.

Protocolos de Señalización

Los protocolos de señalización son los encargados del control de las llamadas, mediante el establecimiento de: inicio de una llamada, estado o progreso, cambio de tasa de transferencia, gestión de participantes y conferencias así como la desconexión de la llamada.

Dentro de la gran variedad de protocolos de señalización que existen, algunos de ellos son propietarios, es decir, que han sido desarrollados por diferentes fabricantes u organismos como la ITU o el IETF, Algunos de ellos son:

- SIP (*Desarrollado por la IETF*)
- IAX (*Propietario de Asterisk*)
- H.323 (*Desarrollado por ITU*)
- MGCP (*Propietario de Cisco*)
- SCCP (*Propietario de Cisco*)

SIP ^[4]

SIP es un protocolo de control de la capa de aplicación que puede establecer, modificar y finalizar sesiones multimedia (conferencias), como llamadas de telefonía por Internet. SIP también puede incluir a los participantes de sesiones ya existentes, tales como conferencias de multidifusión. El medio puede ser añadido

^[4] IETF, RFC 3261. [On line], Consultado el 21 de agosto de 2011, en: <http://www.ietf.org/rfc/rfc3261.txt>

a (o eliminado) de una sesión existente. SIP de manera transparente admite la asignación de nombre y servicios de redireccionamiento, lo cual facilita la movilidad del usuario, los usuarios pueden mantener un único identificador visible desde el exterior, independientemente de su ubicación en la red.

IAX ^[5]

El protocolo IAX fue desarrollado por Digium para facilitar la comunicación con otros servidores Asterisk (de ahí "Inter-Asterisk eXchange "). IAX es un protocolo de transporte (al igual que SIP) que utiliza un único puerto UDP (4569) para el canal de señalización y otro para el transporte en tiempo real (RTP).

IAX también tiene la capacidad de troncalizar múltiples sesiones en un solo flujo de datos, lo cual representa una gran ventaja en el consumo de ancho de banda al enviar una gran cantidad de canales simultáneos en una casilla. La troncalización permite múltiples flujos de datos en un solo encabezado de datagrama. Esto ayuda a la disminución de la latencia y reducir la potencia de procesamiento y el ancho de banda necesario para la señalización.

H.323 ^[6]

H.323 se creó originalmente para proveer de un mecanismo para el transporte de aplicaciones multimedia en LAN (Redes de área local) pero ha evolucionado rápidamente para dirigir las crecientes necesidades de las redes de VoIP.

Un punto fuerte de H.323 era la relativa y temprana disponibilidad de un grupo de estándares, no solo definiendo el modelo básico de llamada, sino que además definía servicios suplementarios, necesarios para dirigir las expectativas de comunicaciones comerciales. H.323 fue el primer estándar de VoIP en adoptar el estándar de IETF de RTP (Protocolo de Transporte en tiempo Real) para transportar audio y vídeo sobre redes IP.

H.323 está basado en el protocolo RDSI Q.931 y está adaptado para situaciones en las que se combina el trabajo entre IP y RDSI, y respectivamente entre IP y QSIG. Un modelo de llamada, similar al modelo de RDSI, facilita la introducción de la Telefonía IP en las redes existentes de RDSI basadas en sistemas PBX. Por

^[5] Solomon's VoIP World. [On line], Consultado el 21 de agosto de 2011, en: <http://voip-mundo.blogspot.com/2008/03/protocolos-de-voip-iax-el-inter.html>

^[6] ITU, REC H323. [On line], Consultado el 21 de agosto de 2011, en: <http://www.itu.int/rec/T-REC-H.323-200912-I/en>

esto es posible el proyecto de una migración sin problemas hacia el IP basado en sistemas PBX.

Dentro del contexto de H.323, un IP basado en PBX es, en palabras sencillas, un Gatekeeper más algunos servicios suplementarios.

MGCP ^[7]

Se trata de un protocolo específico de control de Gateways, si bien H323 puede hablarlo tanto en Gateways como terminales, las sesiones MGCP se establecen entre el Gateway y la centralita IP, CUCM o agente de control, por lo que una red de VoIP no puede estar basada únicamente en este protocolo. Sus características están definidas en la RFC 2705, se trata de procedimiento de intercambio de mensajes entre el cliente (Gateway) y el servidor (*CUCM*) en el que el primero informa en todo momento de los eventos de señalización que ocurren en sus interfaces con la red pública RTC (o enlaces con otras centralitas QSIG), al CUCM, siendo este el que toma todas las decisiones en cuanto enrutamiento y establecimiento de llamada e indica al Gateway la manera de proceder ante estos eventos.

SCCP ^[8]

Este es un protocolo propietario de Cisco, diseñado, en un principio, para la señalización entre el CUCM (*Cisco Unified Communications Manager*) y los terminales IP de Cisco (aunque algunos fabricantes también lo incorporan). Se trata de un protocolo cliente (terminal IP) servidor (*CUCM*), basado en TCP, en el que los terminales se registran en el CUCM e informan de su estado en todo momento, así ante cualquier evento (descolgar, pulsar una tecla) el teléfono le envía esa información al CUCM para que se encargue de responder con la acción apropiada. Al ser un protocolo propietario permite más funcionalidades y modificaciones que los que son estándares.

Protocolos de transporte

Los protocolos de transporte se parecen a los protocolos de enlace. Ambos manejan el control de errores, el control de flujo, la secuencia de paquetes. Pero hay diferencias: En el nivel de transporte, se necesita una manera para especificar la dirección del destino. En el nivel de enlace hay solamente el enlace. En el nivel de enlace es fácil establecer la conexión; el host en el otro extremo del enlace está siempre allí. En el nivel de transporte este proceso es mucho más difícil. En el

^[7] IETF, RFC 3435. [On line], Consultado el 21 de agosto de 2011, en: <http://tools.ietf.org/html/rfc3435>

^[8] Cisco. [On line], Consultado el 21 de agosto de 2011, en: http://www.cisco.com/en/US/tech/tk652/tk701/tk589/tsd_technology_support_sub-protocol_home.html

nivel de transporte, se pueden almacenar paquetes dentro de la subred. Los paquetes pueden llegar cuando no son esperados. Algunos de los principales protocolos de transporte son:

- TCP (*Transmission Control Protocol*)
- UDP (*User Datagram Protocol*)
- RTP (*Real-Time Transfer Protocol*)
- RTCP (*Real-Time Transfer Control Protocol*)
- SRTP (*Secure Real-time Transport Protocol*)

TCP ^[9]

Es uno de los protocolos fundamentales en Internet. Fue creado entre los años 1973 - 1974 por Vint Cerf y Robert Kahn. Muchos programas dentro de una red de datos compuesta por computadoras pueden usar TCP para crear conexiones entre ellos a través de las cuales puede enviarse un flujo de datos. El protocolo garantiza que los datos serán entregados en su destino sin errores y en el mismo orden en que se transmitieron. También proporciona un mecanismo para distinguir distintas aplicaciones dentro de una misma máquina, a través del concepto de puerto.

TCP da soporte a muchas de las aplicaciones más populares de Internet, incluidas HTTP, SMTP, SSH y FTP.

TCP es un protocolo de comunicación orientado a conexión y fiable del nivel de transporte. Es un protocolo de capa 4 según el modelo OSI.

UDP ^[10]

Es un protocolo del nivel de transporte basado en el intercambio de datagramas. Permite el envío de datagramas a través de la red sin que se haya establecido previamente una conexión, ya que el propio datagrama incorpora suficiente información de direccionamiento en su cabecera. Tampoco tiene confirmación ni control de flujo, por lo que los paquetes pueden adelantarse unos a otros; y tampoco se sabe si ha llegado correctamente, ya que no hay confirmación de entrega o recepción.

^[9] IETF, RFC 793. [On line], Consultado el 21 de agosto de 2011, en: <http://www.ietf.org/rfc/rfc793.txt>

^[10] IETF, RFC 768. [On line], Consultado el 21 de agosto de 2011, en: <http://www.ietf.org/rfc/rfc768.txt>

Su uso principal es para protocolos como DHCP, BOOTP, DNS y demás protocolos en los que el intercambio de paquetes de la conexión/desconexión son mayores, o no son rentables con respecto a la información transmitida, así como para la transmisión de audio y vídeo en tiempo real, donde no es posible realizar retransmisiones por los estrictos requisitos de retardo que se tiene en estos casos.

El protocolo UDP se utiliza por ejemplo cuando se necesita transmitir voz o vídeo y resulta más importante transmitir con velocidad que garantizar el hecho de que lleguen absolutamente todos los bytes.

RTP ^[11]

Es un protocolo de nivel de sesión utilizado para la transmisión de información en tiempo real, como por ejemplo audio y vídeo en una video-conferencia. Está desarrollado por el grupo de trabajo de transporte de Audio y Video del IETF, publicado por primera vez como estándar en 1996 como la RFC 1889, y actualizado posteriormente en 2003 en la RFC 3550, que constituye el estándar de Internet STD 64.

Inicialmente se publicó como protocolo Multicast, aunque se ha usado en varias aplicaciones Unicast. Se usa frecuentemente en sistemas de Streaming, videoconferencia y sistemas Push to Talk (junto con H.323 o SIP). Representa también la base de la industria de VoIP. Se sitúa sobre UDP en el modelo OSI.

RTCP ^[12]

Es un protocolo de comunicación que proporciona información de control que está asociado con un flujo de datos para una aplicación multimedia. Trabaja junto con RTP en el transporte y empaquetado de datos multimedia, pero no transporta ningún dato por sí mismo. Se usa habitualmente para transmitir paquetes de control a los participantes de una sesión multimedia de Streaming.

La función principal de RTCP es informar de la calidad de servicio proporcionada por RTP. Este protocolo recoge estadísticas de la conexión y también información como por ejemplo bytes enviados, paquetes enviados, paquetes perdidos o Jitter entre otros. Una aplicación puede usar esta información para incrementar la calidad de servicio (QoS), ya sea limitando el flujo o usando un códec de compresión más baja. En resumen. RTCP se usa para informar de

^[11] IETF, RFC 3550. [On line], Consultado el 21 de agosto de 2011, en: <http://tools.ietf.org/html/rfc3550>

^[12] IETF, RFC 3550. [On line], Consultado el 21 de agosto de 2011, en: <http://tools.ietf.org/html/rfc3550>

la QoS (*Quality of Service*). RTCP por sí mismo no ofrece ninguna clase de cifrado de flujo o de autenticación. Para tales propósitos se puede usar SRTP.

SRTP ^[13]

Define un perfil de *RTP*, con la intención de proporcionar cifrado, autenticación del mensaje e integridad, y protección contra reenvíos a los datos *RTP* en aplicaciones unicast y Multicast. Fue desarrollado por un pequeño grupo del protocolo IP y expertos criptográficos de Cisco y Ericsson incluyendo a David Oran, David McGrew, Mark Baugher, Mats Naslund, Elisabetta Carrara, Karl Norman, y Rolf Blom. Dado que *RTP* está muy relacionado con *RTCP*, que puede ser usado para controlar una sesión *RTP*, *SRTP* también tiene un protocolo hermano llamado *Secure RTCP* (or *SRTCP*). *SRTCP* proporciona las mismas características relacionadas con la seguridad a *RTCP*, al igual que hace *SRTP* con *RTP*.

El empleo de *SRTP* o *SRTCP* es opcional al empleo de *RTP* o *RTCP*; pero incluso utilizando *SRTP/SRTCP*, todas las características que estos protocolos proporcionan (tales como cifrado y autenticación) son opcionales y pueden ser habilitadas o deshabilitadas por separado. La única excepción a esto último es la autenticación de los mensajes, que es obligatoria cuando se está usando *SRTCP*.

2.2.2. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

En este aparte del libro se analizarán los principales conceptos que se deben tener en cuenta para tener una visión más clara del proyecto.

Códec

La palabra códec se traduce de las palabras codificador y decodificador. Un códec no es ni más ni menos que una serie de funciones algorítmicas necesarias para comprimir un archivo, a este proceso de compresión se le denomina "codificación" y descomprimir o decodificar los datos de audio y vídeo.

Esto quiere decir que si queremos reproducir un vídeo digital y no tenemos instalado el códec con el que se han codificado los datos no podremos visualizarlo correctamente en nuestro PC, deberemos buscar los códec y tenerlos instalados.

No ocurre lo mismo si reproducimos un vídeo a través de un reproductor DVD doméstico, dependerá de los formatos que reconozca el DVD para poder reproducirlos con sus respectivos códec.

^[13] IETF, RFC 3711. [On line], Consultado el 21 de agosto de 2011, en: <http://tools.ietf.org/html/rfc3711>

Los códec utilizados durante la implementación de este proyecto fueron los siguientes:

G.711 ^[14]

G.711 es un estándar de la ITU-T para la compresión de audio. Este estándar es usado principalmente en telefonía.

Es un estándar para representar señales de audio con frecuencias de la mediante nuestras comprimidas de una señal de audio digital con una frecuencia de muestreo de 8 KHz. El codificador proporcionará un flujo de datos de 64 Kbit/s.

Para este estándar existen dos algoritmos principales, la ley- μ (usado en Norte América y Japón) y la ley-A (usado en Europa y el resto del mundo). La ley-A fue específicamente diseñada para ser implementada en sistemas de información.

Características:

- Frecuencia de muestreo de 8KHz.
- Tasa de bit de 64kbps (*8kHz frecuencia de muestreo por 8 bits por muestra*).
- Retardo típico del algoritmo 0.125ms.

G.729 ^[15]

G.729 es un estándar de compresión de datos de audio para voz que comprime audio de voz en tramas de 10 milisegundos.

Se usa principalmente en aplicaciones de Voz sobre IP por sus bajos requerimientos en ancho de banda. Este estándar opera a una tasa de bits de 8 Kbit/s, pero existen extensiones, las cuales suministran también tasas de 6.4 Kbit/s y de 11.8 Kbit/s dependiendo la calidad en la conversación.

[14] ITU, REC G711. [On line], Consultado el 21 de agosto de 2011, en:
<http://www.itu.int/rec/recommendation.asp%3Ftype%3Dfolders%26lang%3De%26parent%3DT-REC-G.711>

[15] ITU, REC G729. [On line], Consultado el 21 de agosto de 2011, en:
<http://www.itu.int/rec/recommendation.asp%3Ftype%3Dfolders%26lang%3De%26parent%3DT-REC-G.729>

Características:

Menos complejidad, menor procesamiento, pero la calidad de conversación se depende de la tasa de compresión.

Suministra soporte para conversación de banda ancha y codificación de audio.

Al elegir el códec de voz a utilizar podemos dimensionar el tamaño de la red, así como el ancho de banda necesario para la implementación de la misma. Para efectos del presente proyecto se tendrán en cuenta tres de los códec más usados.

GSM ^[16]

GSM fue diseñado principalmente para la telefonía de voz, una gama de servicios portadores se ha definido (un subconjunto de los disponibles para las redes de línea fija digital de servicios integrados, RDSI), que permite conexiones de conmutación de circuitos de datos de hasta *9600 bits/s*. Esta tasa se compara favorablemente con la de las conexiones fijas disponibles. Sin embargo, con el paso del tiempo, las tasas de transmisión de las conexiones fijas aumentan de manera considerable.

Jitter ^[17]

El Jitter se define técnicamente como la variación en el tiempo en la llegada de los paquetes, causada por congestión de red, pérdida de sincronización o por las diferentes rutas seguidas por los paquetes para llegar al destino.

Las comunicaciones en tiempo real (como VoIP) son especialmente sensibles a este efecto. En general, es un problema frecuente en enlaces lentos o congestionados.

El valor recomendado para el Jitter es menor o igual a 100 ms para tener una comunicación sin molestias. Si el Jitter es mayor debe ser minimizado.

Este concepto se aplicara en nuestro diseño, para poder aplicar al mismo los mecanismos necesarios para evitar que este supere el limite definido y así contar

^[16] ETSI. Códec GSM. [On line], Consultado el 21 de agosto de 2011, en: <http://www.etsi.org/WebSite/Technologies/Codecs.aspx>

^[17] IP Voice – Blog. [On line], Consultado 3 de marzo de 2011, en: <http://www.ipvoicesa.com/blog/>

con un servicio de calidad que no vaya a presentar pérdidas ni retrasos en la entrega de los paquetes de voz entre un punto y otro.

Latencia ^[18]

No es un problema específico de las redes no orientadas a conexión y por tanto de la VoIP. Es un problema general de las redes de telecomunicaciones. La latencia se define técnicamente en VoIP como el tiempo que tarda un paquete en llegar desde la fuente al destino.

El retardo de extremo a extremo debe ser inferior a 150 ms, esta recomendación se encuentra ligada a la capacidad auditiva de los humanos, que son capaces de detectar retardos de 200 a 250 ms.

En concordancia con lo mencionado en el Jitter, este concepto se tendrá en cuenta para la aplicación de mecanismos que eviten la reducción en la calidad de la prestación del servicio.

QoS ^[19]

La Calidad de Servicio (QoS, *Quality of Service*) es el efecto colectivo del desempeño de un servicio, el cual determina el grado de satisfacción en el uso de una aplicación por parte del usuario. Para que en una red pueda ofrecer el manejo de QoS extremo a extremo (*end2end*), es necesario que todos los nodos o puntos de interconexión por los que viaje el paquete de información, posean mecanismos de QoS que ofrezcan un desempeño adecuado a la aplicación en cuestión.

Los puntos de interconexión por los que pasa la información son los Routers y Switches, incluso los puntos de acceso al servicio (*SAPs, Service Access Points*) entre las capas del modelo de comunicación que se use. Cuando se establece una conexión con un nivel de QoS especificado, los parámetros de éste se traducen y negocian entre los diferentes subsistemas involucrados. Solamente cuando todos los subsistemas han llegado a acuerdos y pueden otorgar garantías respecto a los parámetros especificados, será que se satisfagan los requerimientos de QoS de extremo a extremo.

^[18] IP Voice – Blog. [On line], Consultado 3 de marzo de 2011, en: <http://www.ipvoicesa.com/blog/>

^[19] QCUDI, QoS. [On line], Consultado el 21 de agosto de 2011, en: http://telematica.cicese.mx/internetll/qcudi/qos_cudi.html

IntServ ^[20]

En este tipo de arquitectura se usa el campo *Flow Label* de IPv6 para la identificación de los flujos que se enviarán o se envían a la red IP. Con base en este campo se requerirá a la red y a los nodos que la conforman una asignación de recursos correspondiente. Para el funcionamiento de esta arquitectura se hace uso de un protocolo de reserva de recursos RSVP. La petición se hace de origen a destino, en los cuales los Routers intermedios entrarán a un estado PATH STATE lo que significa que los Routers certifican que tengan los recursos necesarios para la transferencia de datos.

El receptor envía por estos mismos Routers un mensaje de confirmación con los que los Routers entrarán a un estado RESERVATION STATE con lo cual se confirma que la red está preparada para el envío de información a la red. El estado en el cual el Router ha aceptado la transferencia del tráfico correspondiente se llama SOFT STATE.

Dentro de esta arquitectura se tienen dos tipos de servicio según los recursos que se necesiten: *Guaranteed Rate Service* o *Controlled Load Service* según lo que se especifique en el LSA (*Level Service Agreement*) con el ISP.

En el primero los recursos se comportan como un Circuito Virtual, es decir, los recursos se encuentran dedicados al cliente; en la segunda, los recursos se solicitan a la red y si esta los posee se los asigna de manera dinámica, es decir, cada vez que los necesite. Gracias a la señalización en esta arquitectura antes del envío de información, se puede garantizar los recursos que se asignarán al tráfico y si la red está en capacidad de poder ofrecer el servicio requerido, según el servicio y el tipo dentro de esta arquitectura.

Esta arquitectura garantiza además que los tráficos que necesiten cierta cantidad de recursos asignados los obtengan, y no sobrepasen estos recursos. El inconveniente es la excesiva señalización que debe de efectuarse por cada flujo, así mismo la señalización para poder llegar al SOFT STATE se debe de efectuar por cada flujo que se quiera enviar a la red lo cual lo hace poco escalable y desperdicia muchos recursos para unos pocos flujos. Nótese que RSVP hace una actualización de estados cada 30 segundos aproximadamente, así se detecta cualquier falla que hubiese en los nodos de la red; aunque ha habido estudios evitar la sobrecarga en la red, no es significativa la mejora ya que el proceso consume recursos y ancho de banda por cada flujo existente.

^[20] IETF, IntServ. [On line], Consultado el 21 de agosto de 2011, en: <http://tools.ietf.org/html/draft-ietf-intserv-svc-template-02>

DiffServ ^[21]

La arquitectura DiffServ satisface requisitos como proporcionar altas prestaciones, escalabilidad, permitir el crecimiento sostenido del tamaño de las redes y su ancho de banda, etc. La filosofía empleada en su diseño se basa en situar el procesamiento complejo y la gestión de los recursos en los límites de la red, al mismo tiempo que mantiene el reenvío de paquetes en el núcleo de la red de la manera más sencilla posible. En los nodos del núcleo de la red no se mantiene el estado de las conexiones, sino que el tratamiento se basa únicamente en los códigos DS de los paquetes, que designan la clase de calidad que deben recibir.

La arquitectura de los servicios diferenciados DiffServ o DS es la propuesta del IETF para solucionar problemas asociados a los servicios integrados (*IntServ*). La solución consiste básicamente en agrupar los flujos de tráfico IP en agregados, dentro de los cuales, los paquetes de un agregado serán tratados de la misma forma en cada nodo. Este tratamiento realizado salto a salto se denomina *Per-Hop Forwarding Behavior (PHB)*. Cada grupo PHB al que pertenecen paquetes se codifica en un campo de su cabecera llamado en DS y su valor determina el tratamiento que se le debe dar a ese paquete en cada tramo de la red.

^[21] IETF. DiffServ [On line]. Consultado el 21 de agosto de 2011, en: <http://www.ietf.org/wg/concluded/diffserv.html>

3. CAPITULO III

3.1. INGENIERIA DEL PROYECTO

3.1.1. ESTADO DEL ARTE

En la actualidad las organizaciones multisitio con arquitectura o redes distribuidas, generalmente cuentan con una casa matriz o sede principal la cual tiene una ubicación centralizada, y dos o más sedes satélite ubicadas en extremos geográficos opuestos, las cuales deben ser interconectadas mediante un enlace ADSL para permitir el tráfico de datos, el cual debía ser contratado con un proveedor de servicios (ISP), además para permitir el tráfico de voz cada sede debe contar con una planta telefónica que debe ir conectada directamente mediante un enlace E1 a la PSTN de un proveedor de servicio, cada una de estas plantas debe ser adquirida de acuerdo a los requerimientos del número de usuarios de cada sede, así como la definición del número de llamadas concurrentes hacia la PSTN, siendo este proporcional al tamaño de la misma, lo cual implica una mayor concurrencia en la sede central.

Dentro de los procesos de crecimiento y mejora de este tipo de organizaciones se ven limitados ante la implementación de nuevos servicios como la videoconferencia que permite reducir los desplazamientos y facilitar la realización de juntas o reuniones con los ejecutivos de los distintos niveles de la organización, debido a que la integración de las redes no es posible ya que las arquitecturas y topologías presentes no lo permiten, además que se presentan serios inconvenientes en la asignación de nuevos números de directorio para usuarios debido a que ya se ha alcanzado su límite en licenciamiento y no se podría pensar en una acción de mejora debido a que en la mayoría de los casos los fabricantes han dejado de producir módulos extras lo que genera la obsolescencia de las plantas, adicionalmente estas requieren para su configuración y funcionamiento de Teléfonos secretariales administradores propietarios de cada fabricante, así como la implementación de la configuración por parte de personal debidamente capacitado y autorizado por el mismo, el proceso de administración de la central se lleva a cabo con un software propietario, el cual no siempre cuenta con una función que permita llevar a cabo un registro y control de las llamadas en tiempo real por esto se debe realizar un diseño que permita darle una adecuada solución a estos inconvenientes.

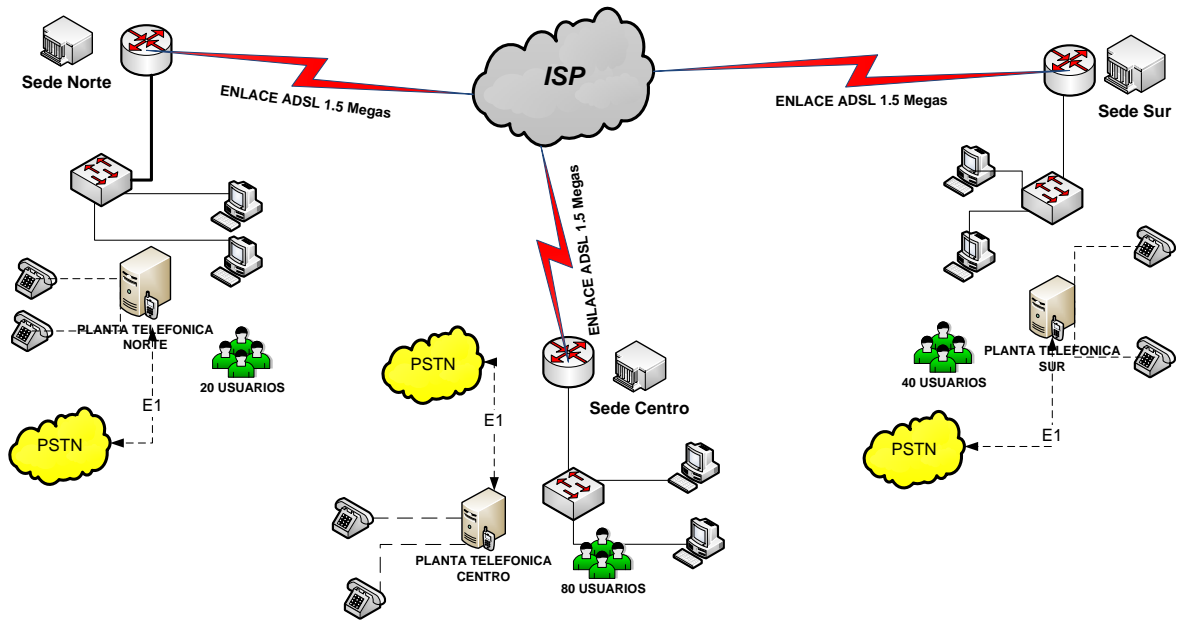


Figura 2: Sistema actual

3.1.2. ESTRATEGIA METODOLOGICA

Para alcanzar los objetivos definidos para este proyecto, se ha planteado una metodología que incluye el desglose del mismo en fases, así como una serie de tareas claramente definidas para poder diseñar una solución de VoIP, las fases con las que cuenta este proyecto son:

FASE I: Análisis previo y Documentación

Durante esta etapa se llevara a cabo un estudio del estado actual de la telefonía análoga y digital con que cuenta las organizaciones multisitio con arquitectura o redes distribuidas, así como el levantamiento de la información necesaria para tener un conocimiento sobre soluciones en VoIP, su funcionamiento y requerimientos para diseñar la mejor solución.

FASE II: Diseño y Configuración

Durante esta etapa se llevara a cabo la realización del diseño de la solución de VoIP que responderá a los requerimientos técnicos para la interconexión de una organización con redes distribuidas o multisitio, además se tendrán en cuenta las conclusiones arrojadas por el estudio del estado actual de la telefonía en la organización, para definir los elementos de red necesarios para esta.

FASE III: Pruebas del diseño

Durante esta etapa se llevara a cabo la implementación de un escenario de pruebas del diseño elaborado para la solución de VoIP requerida por la organización, este escenario contara con elementos de red físicos y otros implementados mediante la herramienta de las maquinas virtuales.

3.1.3. REQUERIMIENTOS DE DISEÑO PARA REDES DE VoIP

Para el diseño de una red de VoIP existe normatividad que plantea ciertos requerimientos mínimos que deben ser implementados para garantizar el correcto funcionamiento de la misma, teniendo en cuenta las necesidades de calidad de servicio y disponibilidad del mismo por parte de una organización multisitio con arquitectura o redes distribuidas, se adoptaron las recomendaciones planteadas en:

- RFC 2475, que describe las condiciones mínimas que se deben tener en cuenta para garantizar:
 - Jitter: menor a 200 ms.
 - Latencia: menor a 100 ms.
 - Pérdida de Paquetes: menor al 1%.
- ITU-T G.113 –Apéndice I, que describe el impacto que genera la pérdida de paquetes en el deterioro de la señal, que se define mediante el factor de deterioro (le), y nos permite establecer que Códec es más conveniente para la gestión de paquetes de voz.

Códec	le (0% pérdida)	le (2% pérdida)	le (5% pérdida)
G.711 sin PLC	0	35	55
G.711 con PLC	0	7	15
G.729^a	11	19	26 (valor para 4% pérdidas)
G.723.1 (6,3 Kbps)	15	24	32 (valor para 4% pérdidas)

Tabla 1. Factor de deterioro por Códec

3.2. DISEÑO DE LA SOLUCIÓN

3.2.1. SELECCIÓN PROTOCOLO DE SEÑALIZACIÓN

En esta etapa se llevara a cabo la selección del protocolo de señalización para VoIP que se utilizara, esta selección se hará mediante la comparación y valoración de los protocolos que existen y se tendrán en cuenta parámetros como:

	SIP	IAX	SCCP
DESARROLLADOR	IETF	DIGIUM	CISCO
COMPLEJIDAD	MEDIA	MEDIA	ALTA
SOPORTE	MEDIO	BAJO	ALTO
LICENCIA	ABIERTO	ABIERTO	PROPIETARIO
ANCHO DE BANDA	MEDIO	BAJO	MEDIO

Tabla 2. Comparación entre protocolos de señalización

Mediante la comparación realizada en la *Tabla 2* podemos observar que aunque *IAX* es el protocolo que presenta un menor consumo de ancho de banda, esto debido a la reducción en el numero de bits necesarios para llevar a cabo la señalización de paquetes, *Skinny* presenta una mayor complejidad, lo cual garantiza una alta confiabilidad en el transporte de paquetes entre terminales y enrutadores, mientras que *SIP* al ser un protocolo de código abierto, facilita la troncalización entre enrutadores, tanto para soluciones de software libre o propietario, ya que es soportado por ambas.

La selección del protocolo de señalización en VoIP para una organización multisitio con arquitectura o redes distribuidas se utilizara en la red se puede observar en la *Tabla 3*.

	%	SIP	IAX	SCCP
ANCHO DE BANDA	30%	3	4	3
SOPORTE	20%	3	1	4
INTEGRACIÓN CON ASTERISK	20%	4	4	1
INTEGRACIÓN CON CME	20%	3	1	4
APLICACIONES	10%	3	2	4
	100%	3.2	2.6	3.1

Tabla 3. Protocolos de señalización en Software libre y propietario

Ya que en soluciones de VoIP como Asterisk no se pueden configurar parámetros que permitan establecer calidad de servicio (QoS), no se tuvo en cuenta este aspecto a la hora de evaluar los protocolos de señalización, el ancho de banda fue el parámetro con mayor juicio de valor a la hora de seleccionar la solución ya que en soluciones de VoIP este es uno de los factores que incide de manera directa en el rendimiento del sistema.

3.2.2. SELECCIÓN DEL CÓDEC

Debido a que la solución a implementar está basada en tecnología Cisco, la cual soporta únicamente como códec G711 y G729, de los cuales el primero es utilizado para interconectar los dispositivos que se encuentran dentro de la red LAN y la segunda tras un proceso de transcoding se utiliza para realizar llamadas fuera de la red (*hacia la PSTN o WAN*). Es por esto que se utilizara el códec G711, como compresor de voz para la red LAN.

3.2.3. VENTAJAS Y DESVENTAJAS

En el mercado tecnológico existen numerosas alternativas para la implementación de soluciones de VoIP, sin embargo para el diseño propuesto en el presente proyecto, se realizara el estudio de las ventajas y desventajas de hacer uso de software libre y software propietario en un entorno multisitio.

ASTERISK	
VENTAJAS	DESVENTAJAS
<ul style="list-style-type: none"> • Es un software gratuito y dispone de código fuente. • No se requiere personal capacitado para la administración de la central telefónica. • Integra la mayoría de códec de voz. • No se rige a un solo fabricante de tarjetas. • Soporta la mayoría de protocolos de señalización como SIP y H.323. 	<ul style="list-style-type: none"> • Es una solución de VoIP de escalabilidad limitada. • El hardware necesario para su implementación es de un costo elevado. • Es un sistema poco confiable, ya que no cuenta con un soporte especializado por ser software libre. • No se le pueden aplicar políticas de calidad de servicio.

Tabla 4. Ventajas y Desventajas Asterisk

CALL MANAGER EXPRESS	
VENTAJAS	DESVENTAJAS
<ul style="list-style-type: none"> • La aplicación del Call Manager viene embebida en el IOS del Router. • Permite la implementación de políticas de calidad de servicio. • Integra aplicaciones de comunicaciones unificadas de Cisco. 	<ul style="list-style-type: none"> • Es únicamente operable en un entorno Cisco. • Únicamente soporta códec como: G711 y G729, mediante la implementación de módulos DSP. • Presenta costos elevados de Hardware y

<ul style="list-style-type: none"> • Es una solución altamente escalable ya que es operable con el Call Manager Unified, y con protocolos de señalización SIP y H.323. • Hace uso de un protocolo de señalización robusto como SKINNY. • Función de número único de contacto, que puede reenviar llamadas a teléfonos móviles o domésticos según las reglas de manejo de llamadas especificadas por el usuario. 	<p>dispositivos externos como teléfonos IP y adaptadores ATA.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Requiere de administradores certificados por Cisco.
--	---

Tabla 5. Ventajas y Desventajas CME

CARACTERISTICA	ASTERISK	CME
Sencillez	Si	No
Movilidad	Si	Si
Video	No	Si
Capacidad	1000	30000
FUNCIONALIDADES		
Seguridad	No	Si
Escalabilidad	No	Si (<i>CUCM</i>)
Plataformas	Linux	Linux - Mac - Windows
Transcoding	No	Si
SRST (<i>Survival Remote Site Telephony</i>)	No	Si

Tabla 6. Características Asterisk vs. CME

El Call Manager Express permite ofrecer un procesamiento de llamadas para teléfonos IP en entornos multisitio u oficinas pequeñas. Además es compatible con los Router dedicados para la integración de servicios, lo cual logra satisfacer los requerimientos de comunicaciones de voz y video de las oficinas pequeñas y medianas. Mientras que Asterisk no permite implementar aplicaciones de video conferencia o por lo menos de forma estable lo cual reduce las posibilidades de esta solución de ofrecer una herramienta que garantice la plena satisfacción de las necesidades del cliente.

El Call Manager garantiza la escalabilidad de soluciones de VoIP en sitios pequeños o sucursales siendo una solución que se encuentra disponible en un único dispositivo de bajo costo, confiable, con todas las funciones, y de fácil implementación, administración y mantenimiento. Las soluciones de VoIP bajo Asterisk pueden representar una inversión de alto costo ya que requiere de un dispositivo dedicado para el alojamiento del gestor de llamadas y dispositivos de red adicionales que garanticen la interconexión de las sedes.

Ya que *Asterisk* no permite la aplicación de políticas de calidad de servicio no resulta ser muy recomendable para implementar como solución en organizaciones multisitio, ya que se requieren ciertos niveles mínimos de calidad del servicio para el correcto funcionamiento de la organización, a diferencia del *CME* que permite la definición y aplicación de políticas de calidad de servicio y niveles mínimos de prestación y disponibilidad del mismo, por lo tanto concluimos que para una organización multisitio centralizada es recomendable tener una solución robusta de comunicaciones unificadas la cual permita la aplicación de seguridad y escalabilidad, como son características del Call Manager Express.

3.2.4. SELECCIÓN DE ELEMENTOS DE RED

Con el fin de generar una solución de interconexión para este tipo de organización se implementara un Call Manager Express centralizado de Cisco el cual proporciona características y capacidades para dispositivos de red como: teléfonos IP, Gateway y aplicaciones multimedia. También es posible ampliarlo con servicios adicionales como mensajería vocal y conferencia multimedia y videoconferencia entre otros.

Este Call Manager utiliza un protocolo propietario de Cisco el *SCCP* como protocolo de comunicaciones para señalización de teléfonos IP. Para señalización entre Gateway usa *H.323* o *SIP*.

El Call Manager Express es la solución de Cisco para las comunicaciones telefónicas IP, además brinda a las organizaciones en expansión la posibilidad de no incurrir en gastos adicionales ya que este viene integrado en el IOS del Router.

Además permite a un Router de servicios integrados de Cisco ofrecer procesamiento de llamadas para los teléfonos analógicos e IP conectados localmente. Todos los archivos y configuraciones necesarios para los teléfonos IP se almacenan internamente en el Router, lo cual brinda una solución en una única plataforma. Así mismo, la solución ofrece un robusto conjunto de interfaces de red telefónica pública conmutada (*PSTN*), una amplia selección de interfaces de *WAN*, Voicemail integrado y función de operadora automática o autoattendant, además de una completa gama de teléfonos.

Por otro lado, las funciones integradas como dispositivos de unidad de servicio de canal/unidad de servicio digital (*CSU/DSU*) y Terminación de red 1 (*TR1*) están disponibles con tarjetas de interfaz *PSTN* digital a fin de ofrecer servicios de voz sólidos pero flexibles. Es distribuable, escalable y una solución de procesamiento de llamadas de telefonía IP de altísima disponibilidad para empresas de gran

tamaño debido al gran número de usuarios que puede soportar, para la selección de los Gateway de Voz o Router, se tendrá en cuenta la siguiente tabla:

PLATAFORMA	NO. MÁXIMO DE TELÉFONOS
Router Cisco IAD 2430	24
Router Cisco 1760-V	24
Router Cisco 261X	36
Router Cisco 265X	48
Router Cisco 2851	96
Router Cisco 3725	144
Router Cisco 3745	192
Router Cisco 3825	168
Router Cisco 2811+2 Mod. DSP	240

Tabla 7. Máximo número de teléfonos por plataforma

Ya que en nuestro diseño se busca brindar una solución para 240 usuarios y de acuerdo a la tabla de especificaciones de Routers usados en soluciones de VoIP, el equipo que va de acuerdo a nuestros requerimientos es el Router Cisco 2811, con lo cual se pretende llegar a una solución final como la de la *figura 3* en la cual se muestra como se utilizaran Router Cisco 2811 el cual proporciona solidez y funciones de calidad de servicio (Qos), seguridad de red, firewall y módulos de red que suministran redes de contenido y servicios VPN, Switch Cisco 3560 el cual integra los nuevos servicios EnergyWise o Cisco PoE y enlaces actualizables de Ethernet 1GB a Ethernet 10GB y Cisco Aironet 1240AG el cual proporcionara cobertura inalámbrica a los usuarios en puntos de acceso remoto con estándares de seguridad WEP, WPA y WAP2 con lo que se proveerá una red confiable escalable y segura.

Además de ello se utilizaran teléfonos SIP de la serie *SPA 502G*, los cuales brindan la posibilidad de hacer un uso eficiente de puertos ya que cuentan con un Switch interno para facilitar la conexión de PC's asignándole a este una dirección IP de la VLAN de Datos y tomando una propia de la VLAN de Voz, mientras que en las terminales que no cuenten con este tipo de teléfonos utilizaran el *Cisco IP Communicator* en la versión 2.1, el cual brinda prestaciones similares a las que vienen incorporadas en los teléfonos físicos, esta herramienta usa como protocolo de señalización *SCCP*. Por ultimo se implementara el ATA Linksys PAP2T, el cual nos permitirá mantener en uso los teléfonos análogos con los que cuenta la organización para de este modo aprovechar al máximo los recursos ya existentes.

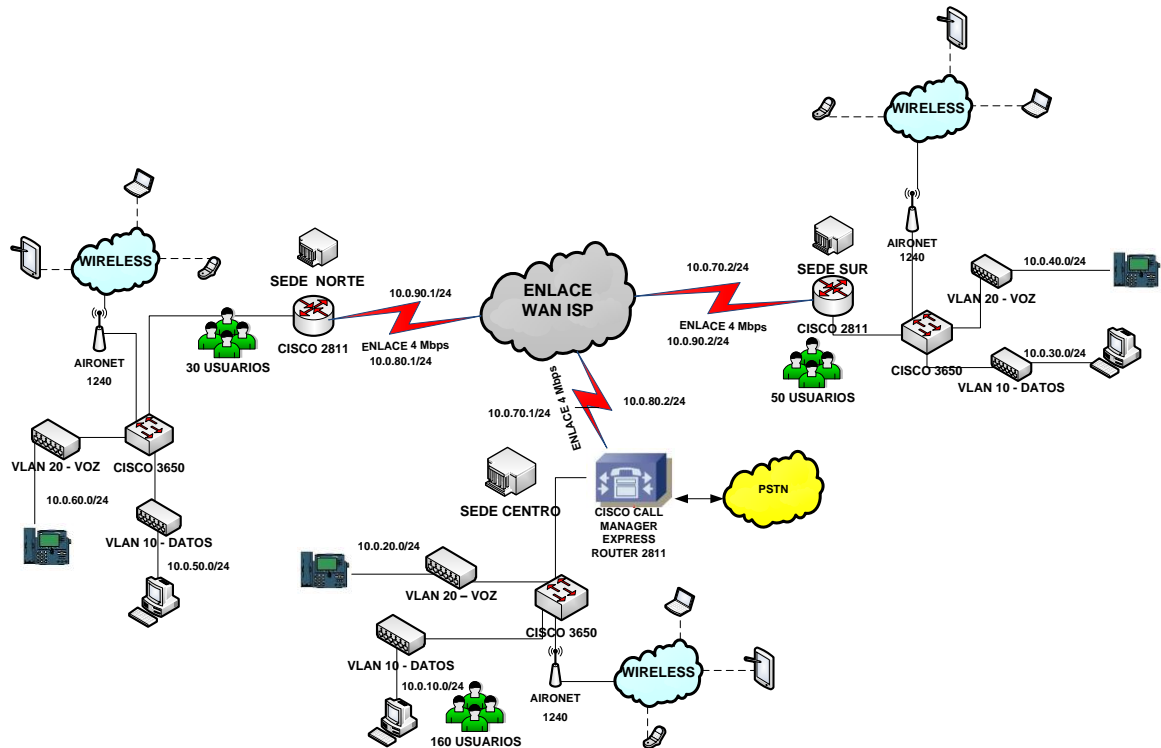


Figura 3: Solución propuesta

3.2.5. PRUEBAS DE TELEFONÍA

Para la realización de las pruebas se definió un escenario en el cual hay una empresa que tiene tres sedes, una sede central, y dos sedes alternas ubicadas en el norte y en el sur de la ciudad.

3.2.6. ESCENARIO DE PRUEBAS

En el escenario definido para las pruebas las tres sedes contarán con los siguientes equipos:

La sede Centro contará con:

- 1 Router 2811.
- 1 Switch 3560 Poe.

- Teléfonos SPA 502G.
- ATA Linksys PAP2T.
- Teléfono Análogo Panasonic.

La sede Norte contara con:

- 1 Router 2811.
- 1 Switch 3560 Poe.
- Teléfonos SPA 502G.
- ATA Linksys PAP2T.
- Teléfono Análogo Panasonic.

La sede Sur contara con:

- 1 Router 2811.
- 1 Switch 2960.
- ATA Linksys PAP2T.
- Teléfono Análogo Panasonic.

Además se deberá cargar en cada Router un Sistema Operativo o IOS, *C2800NM-ADVIPSERVICESK9-M*, el cual tiene funcionalidades específicas de VoIP, lo cual facilita el uso de comandos que permitan habilitar servicios como: Autenticación de Teléfonos SIP y SCCP, Definición de políticas de calidad por CoS o ToS, Gestión de servicios de videoconferencia mediante Video Advantage de Cisco.

Para fines de capturas de tráfico y monitoreo de las interfaces y recursos propios de los Router y equipos se realizara la configuración de comunidades *SNMP* en la herramienta *Solar Winds* la cual nos permitirá en tiempo real realizar un análisis y verificación del tráfico cursado y de los recursos utilizados por cada Router.

Mediante la herramienta de análisis de tráfico Wireshark y el modulo de telefonía se realizaran las capturas de los tráficos originados por las llamadas entre extremo

y extremo del escenario de prueba, para esto será necesario la configuración de un puerto espejo o *Port Mirror*, en el Switch de la *Sede Centro* ya que al ser una solución centralizada, el tráfico y las peticiones se troncalizan en el Router de la *Sede Centro*.

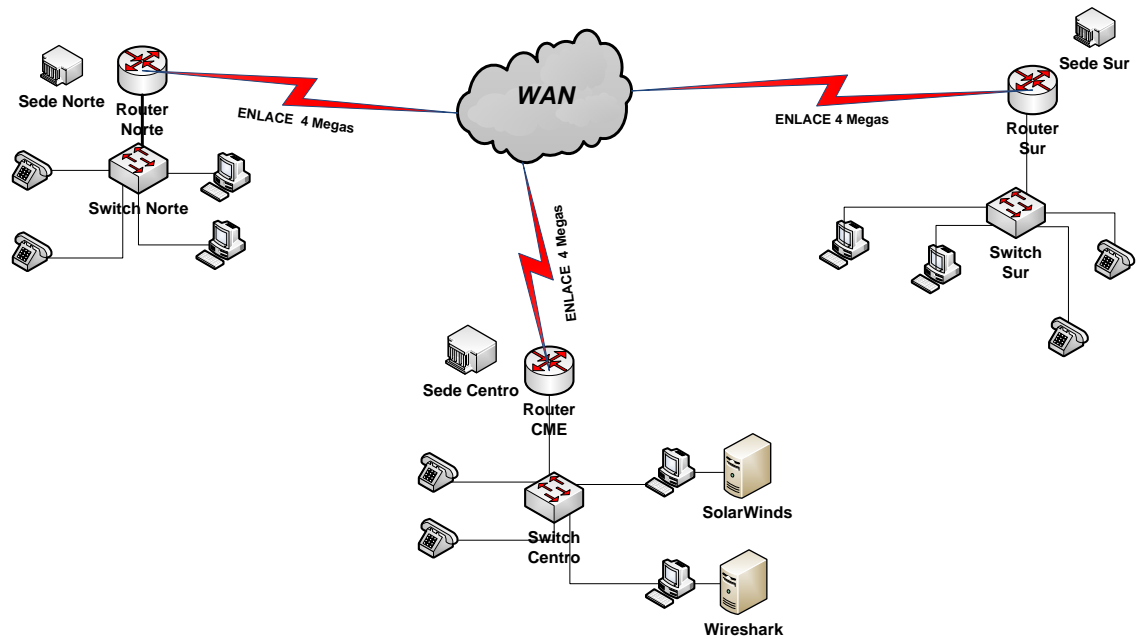


Figura 4: Escenario de Pruebas Solución

4. CAPITULO IV

4.1. ANALISIS DE RESULTADOS

Para llevar a cabo una selección más objetiva del protocolo de señalización se realizaron pruebas para verificar el rendimiento de los distintos protocolos en un entorno multisitio, con lo cual se analizo el Jitter y consumo de ancho de banda que cada uno presentaba, considerando 15 Llamadas concurrentes y una saturación del canal de un 70 % que se obtiene mediante la herramienta WAN Killer, la cual genera paquetes UDP y TCP.

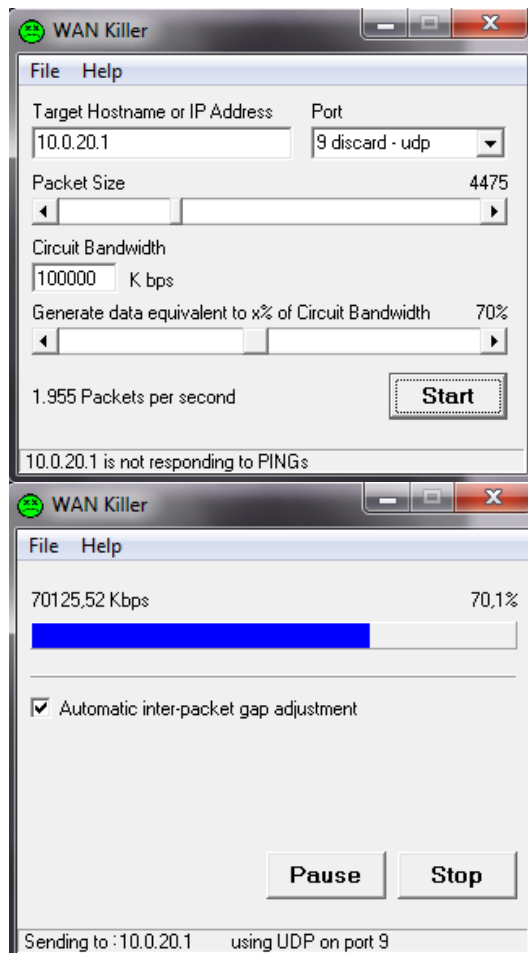
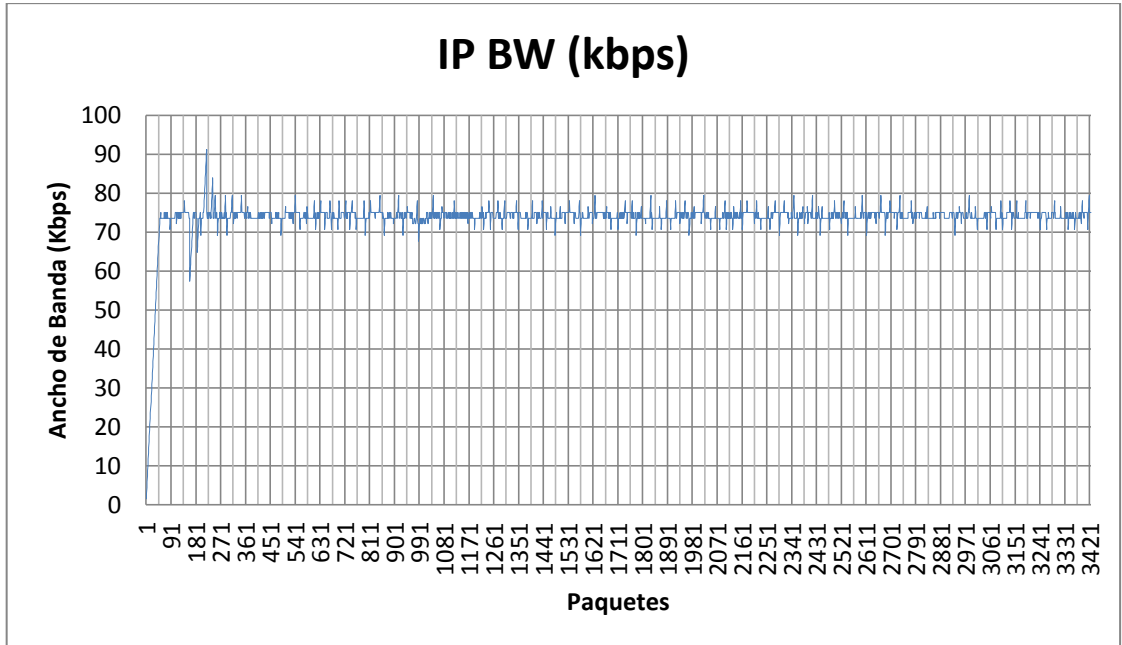
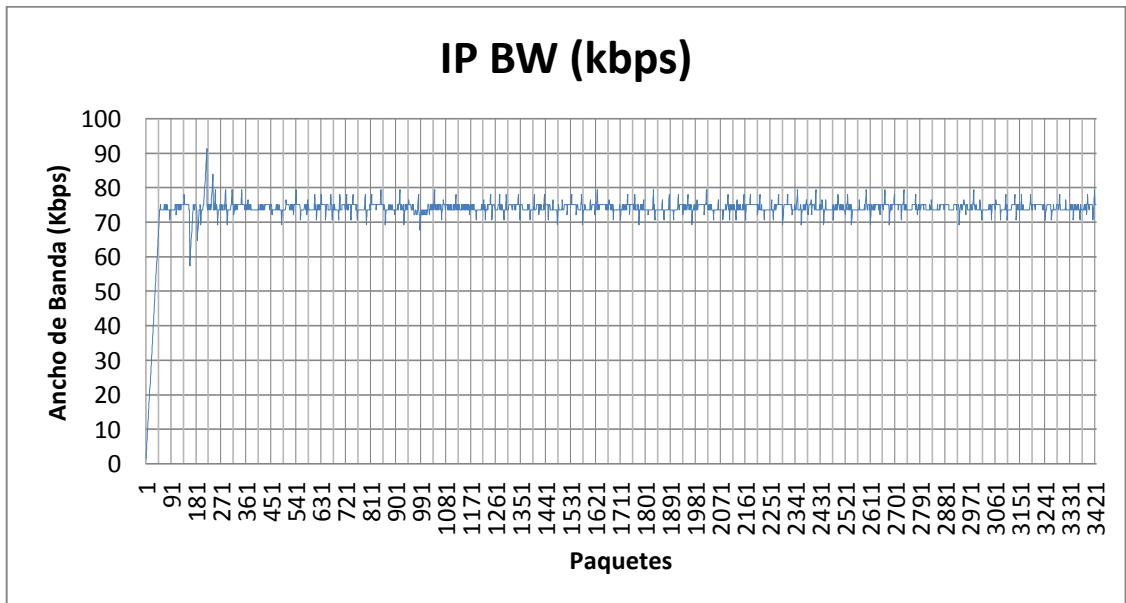


Figura 5. WAN Killer

- Pruebas realizadas con Asterisk:

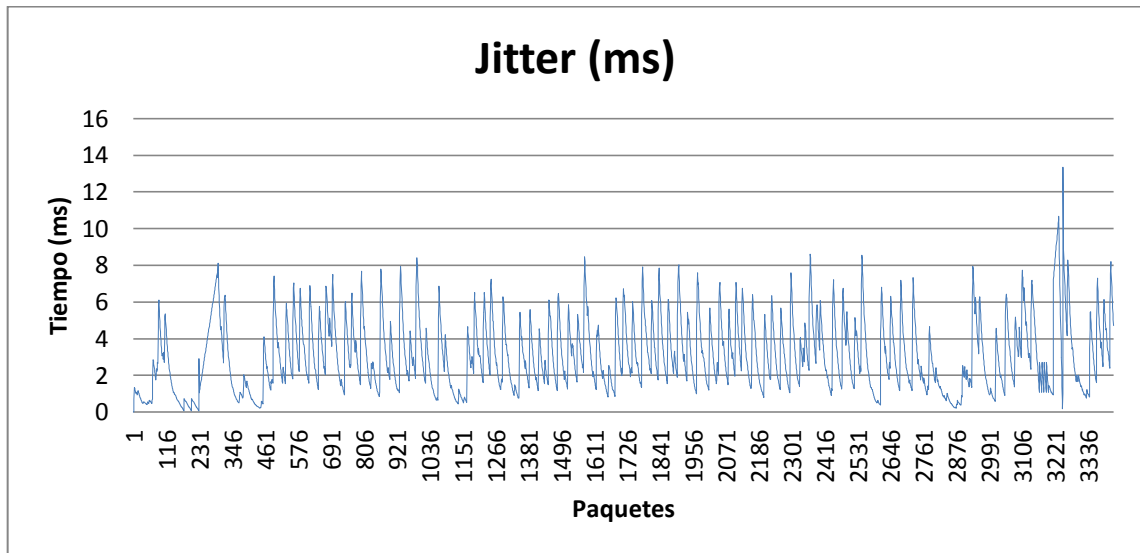


Gráfica 1. Consumo Ancho de Banda IAX (Forward)



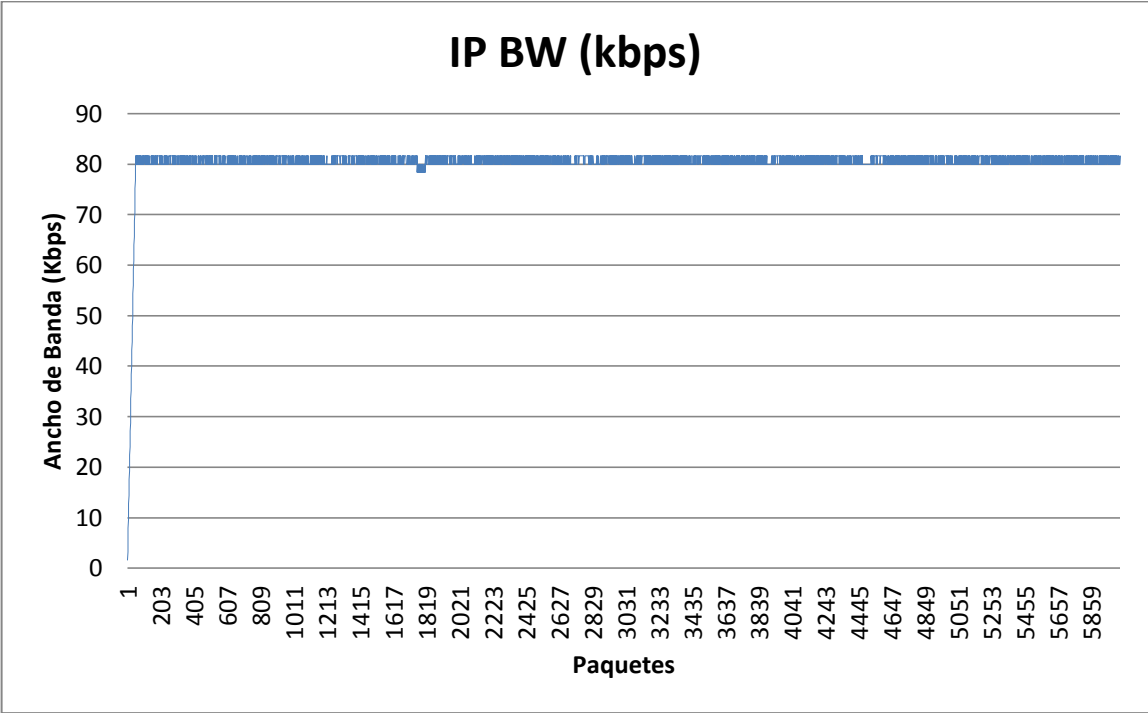
Gráfica 2. Consumo Ancho de Banda IAX (Reverse)

En las graficas anteriores (1 y 2) podemos observar como el Ancho de Banda consumido por el protocolo IAX usando como códec G711, oscila entre los 70 y 75 Kbps.

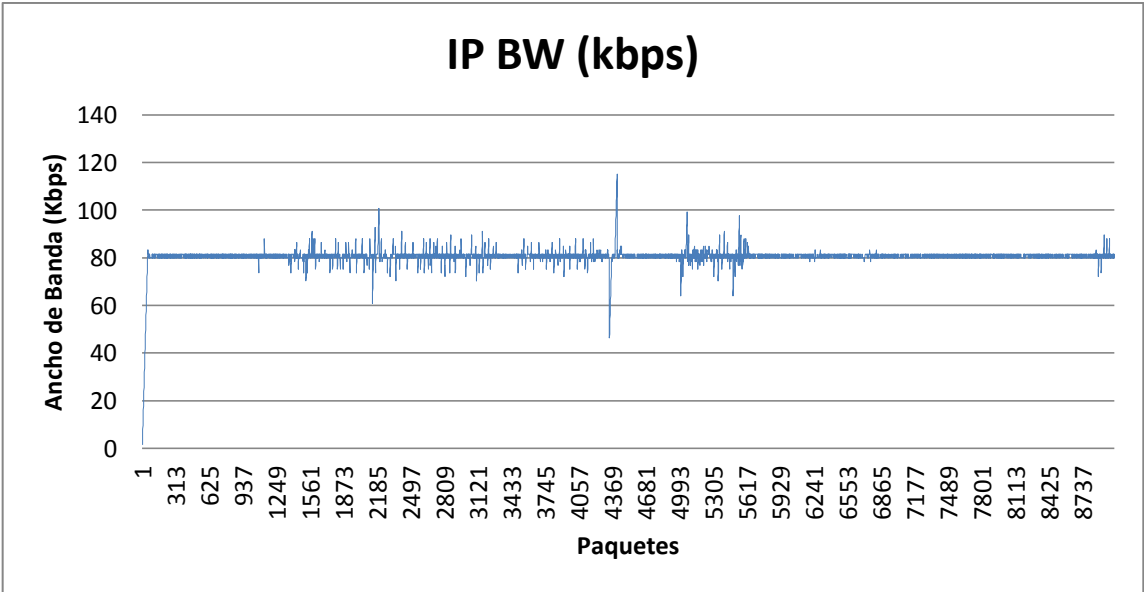


Gráfica 3. Jitter IAX

De acuerdo a las mediciones realizadas se pudo observar que el Jitter en IAX oscila entre los 2 y 9 ms, esta variación se presenta durante la realización de la llamada y se acentúa en la finalización de la misma, registrando picos cuando se produce una palabra durante la conversación y valles en los momentos de silencio o pausas de la misma.

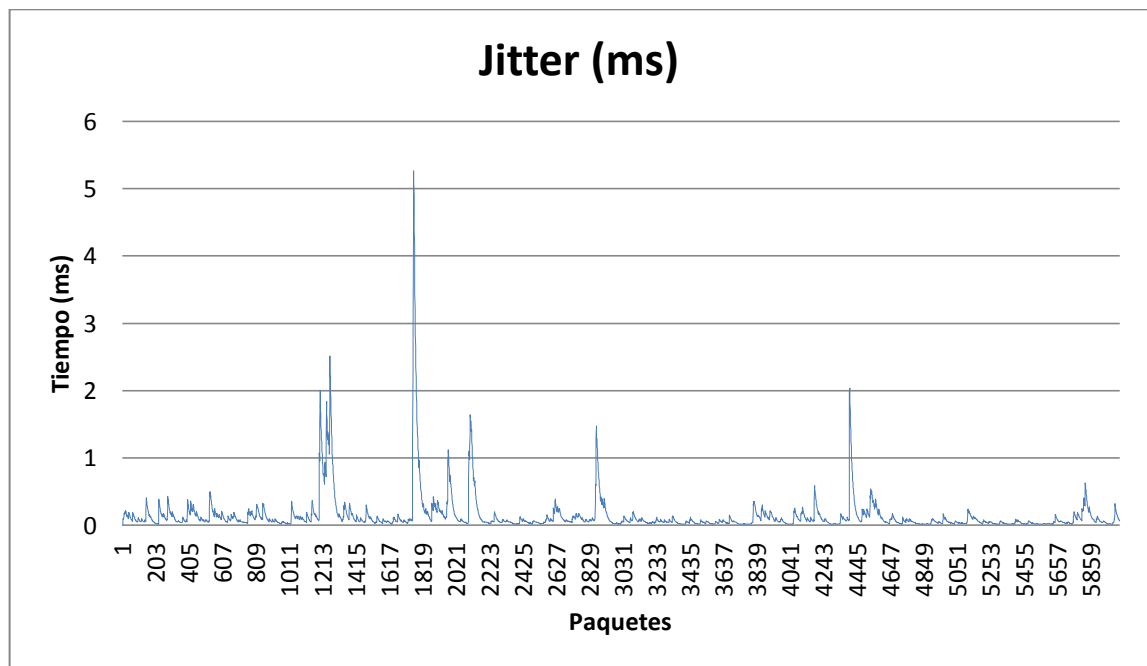


Gráfica 4. Consumo Ancho de Banda SIP Asterisk (Forward)



Gráfica 5. Consumo Ancho de Banda SIP Asterisk (Reverse)

De acuerdo a los resultados obtenidos y en comparación con *IAX* se logra evidenciar un consumo de ancho de banda mayor con fluctuaciones y picos ocasionados por el consumo de ancho de banda para control del estado de la llamada.

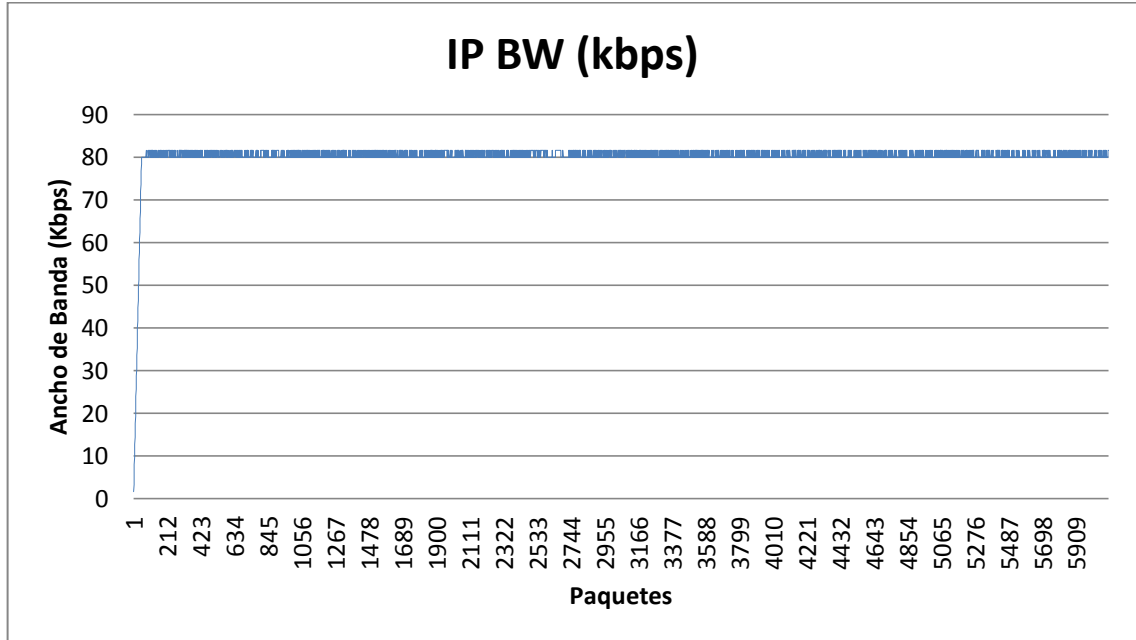


Gráfica 6. Jitter SIP Asterisk

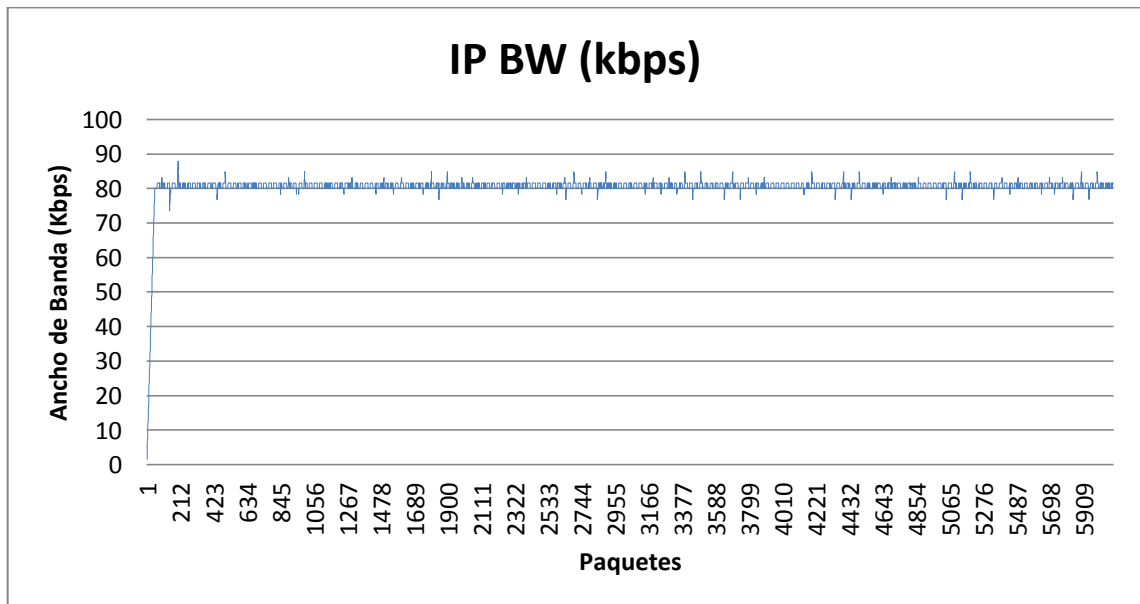
A diferencia de *IAX*, *SIP* presenta un menor Jitter y se evidencian picos que registran el aumento del mismo debido a los procesos de control de la llamada lo cual afecta el consumo de recursos del servidor y el cliente.

Con esto se puede concluir que *SIP* presenta un mejor rendimiento con respecto al Jitter y control de llamadas a diferencia de *IAX*.

- Pruebas realizadas con Call Manager Express:

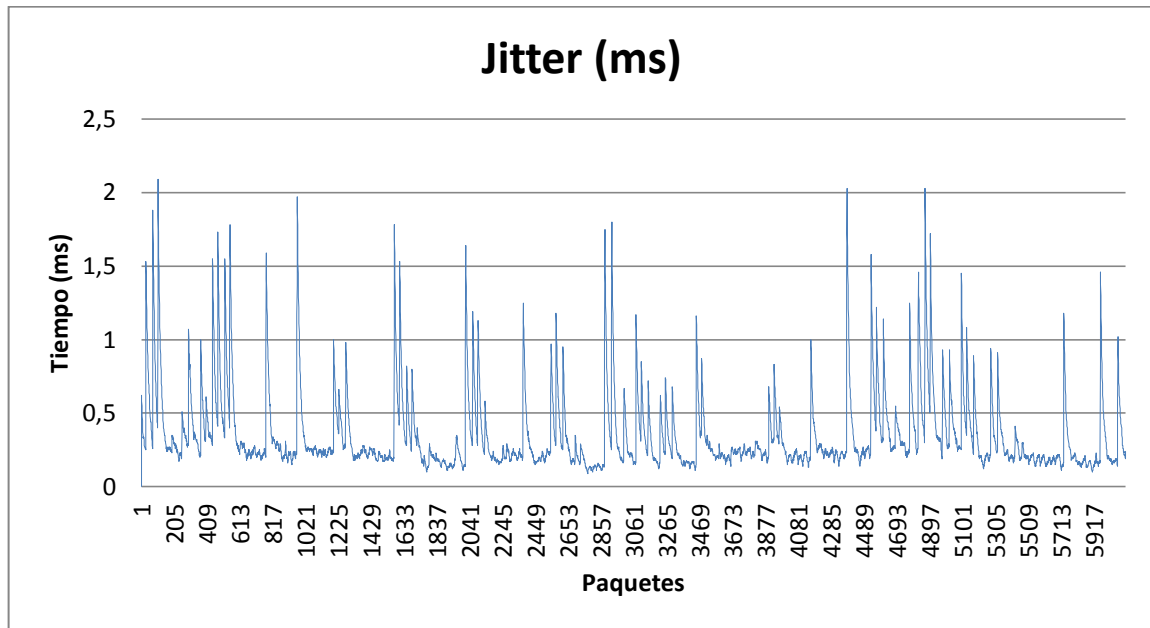


Gráfica 7. Consumo Ancho de Banda SCCP (Forward)



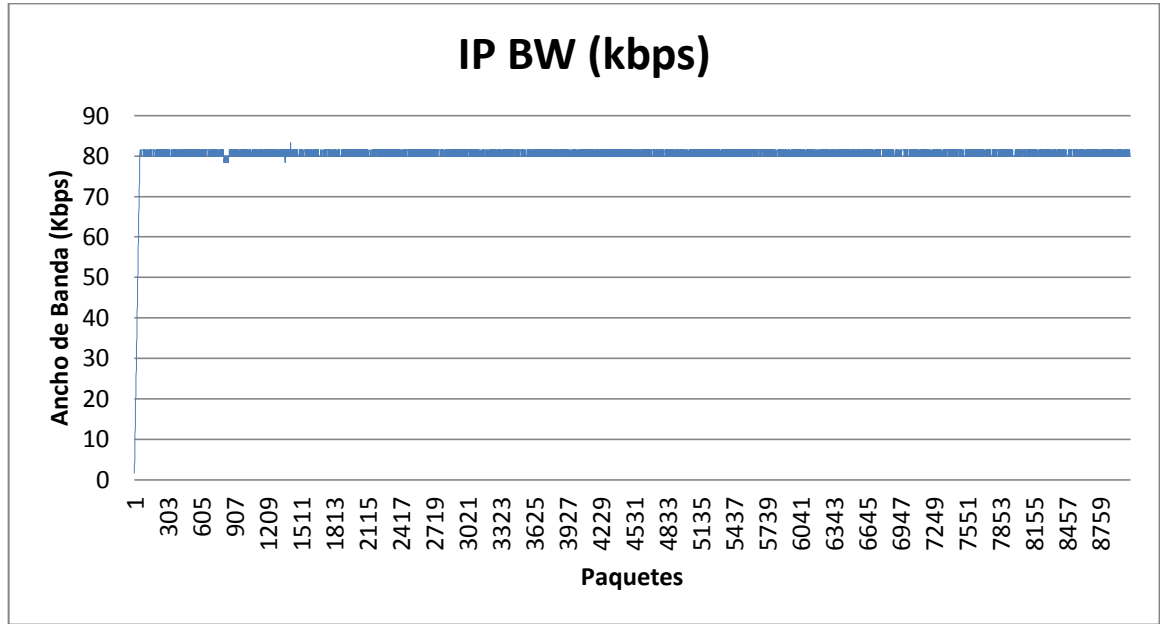
Gráfica 8. Consumo Ancho de Banda SCCP (Reverse)

El ancho de banda medido para el protocolo de señalización SCCP, con un códec G711, se mantuvo estable durante la realización de la llamada en los 80 Kbps, presentando unas pequeñas variaciones, lo cual demuestra su robustez y la confiabilidad que presenta en este tipo de soluciones, brindando una gestión eficiente de los recursos.

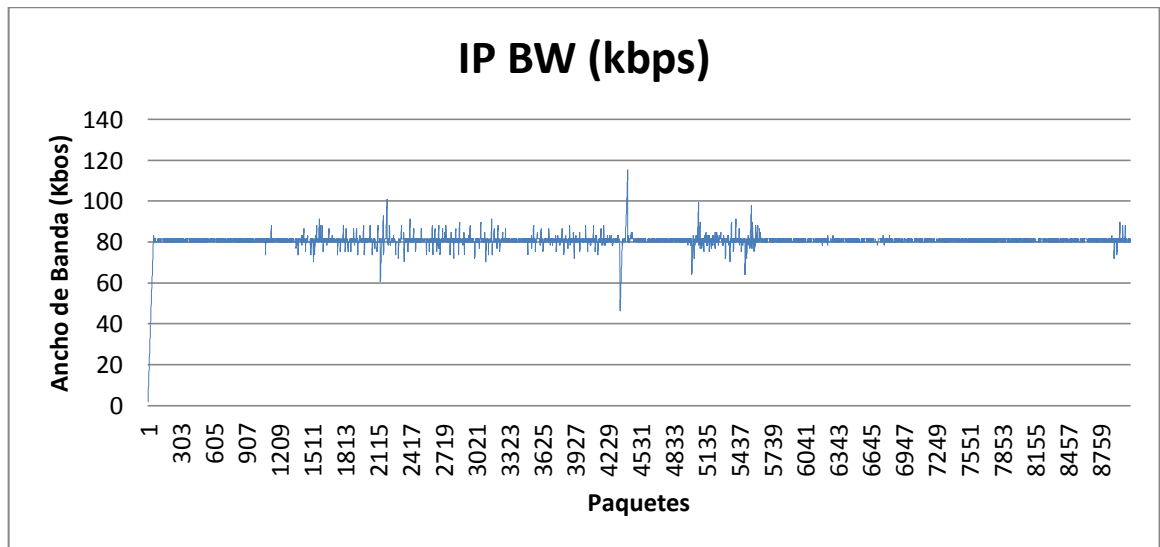


Gráfica 9. Jitter SCCP

Las mediciones realizadas para obtener el Jitter de SCCP, registraron una variación entre los 0,5 y 2 ms, lo cual se encuentra muy por debajo de las condiciones mínimas para el diseño de soluciones de VoIP.

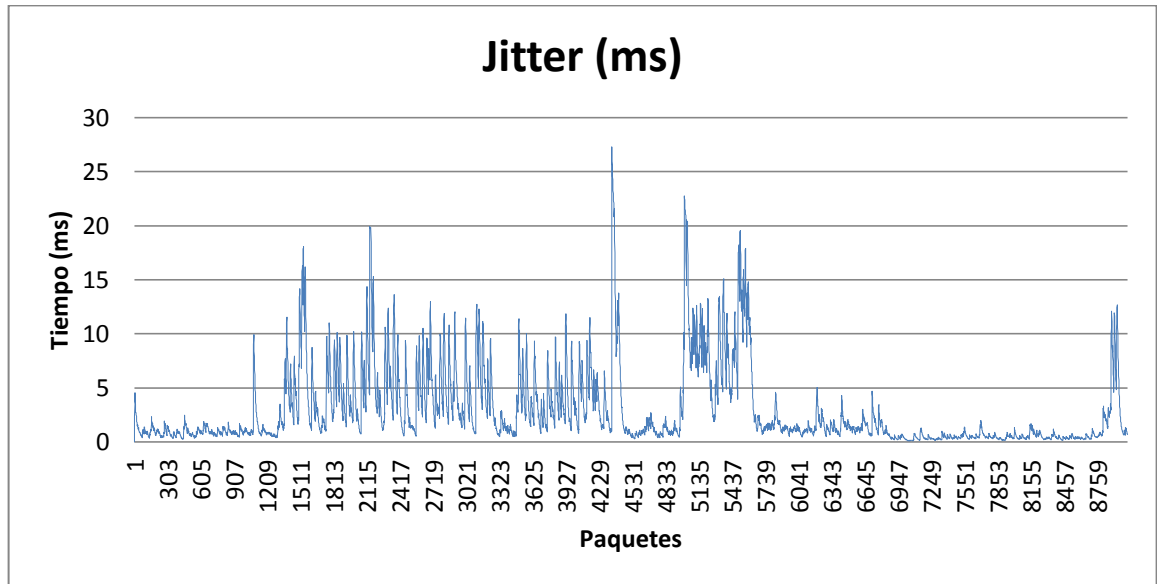


Gráfica 10. Consumo Ancho de Banda SIP CME (Forward)



Gráfica 11. Consumo Ancho de Banda SIP CME (Reverse)

El consumo de Ancho de Banda en SIP, con el códec G711 mantiene una tendencia al rededor de los 80 Kbps, Se registraron mayores variaciones en el Ancho de Banda en la transmisión desde el CME (*Reverse*).



Gráfica 12. Jitter SIP CME

El Jitter registrado durante la captura muestra grandes variaciones entre los 0.5 ms hasta los 20 ms.

El consumo de Ancho de Banda resulta similar al registrado con *SIP* en pruebas con el *CME*, pero se presenta una reducción notable con respecto a este en el Jitter.

A partir de las mediciones y pruebas realizadas, pudimos determinar que en este tipo de soluciones se puede obtener un mayor rendimiento mediante el uso de *SIP* en la troncalización, esto debido a que es un protocolo libre y es interoperable con otro tipo de soluciones de comunicaciones y de *SCCP* en la comunicación de dispositivos finales.

Durante la ejecución de las pruebas de telefonía se hizo un monitoreo permanente de los recursos físicos de los dispositivos de red utilizados en el escenario de prueba, además de ello se realizó un monitoreo al tráfico cursado a través de las interfaces seriales de los Routers y las interfaces troncales que interconectan a los Switches, para lograr un escenario de pruebas apegado a la realidad se introdujo tráfico *UDP*, con lo cual se obtuvieron los siguientes resultados:

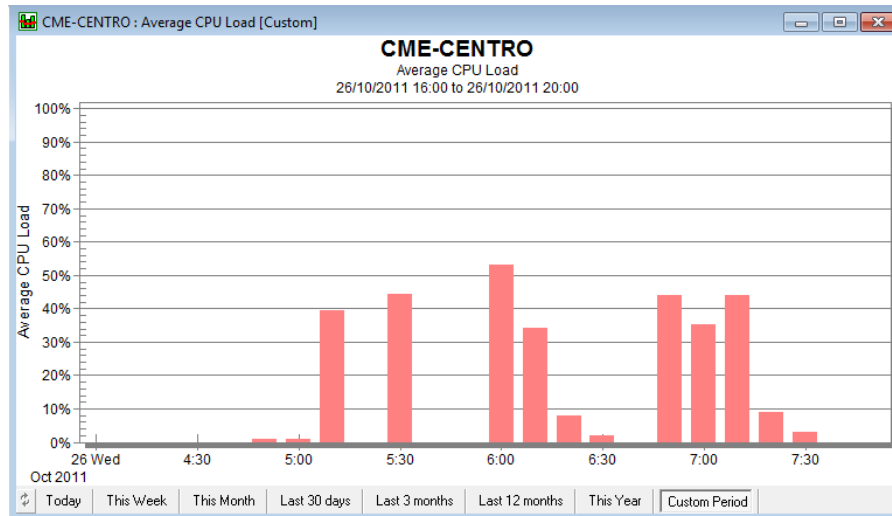


Figura 6: Monitoreo uso de CPU Router Centro

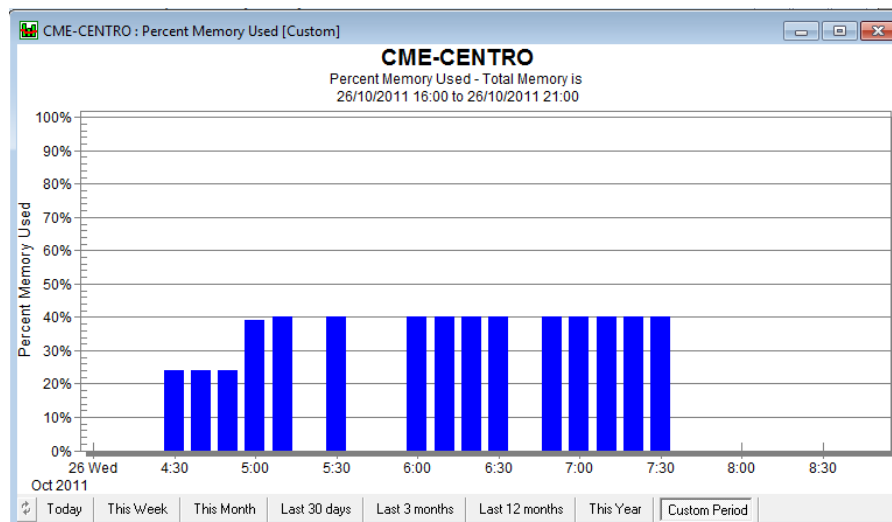


Figura 7: Monitoreo uso de memoria RAM Router Centro

En las figuras 5 y 6, se puede observar que el Router Centro, en el cual se encuentran embebidos el sistema de VoIP y el servidor de *DHCP*, presenta un comportamiento estable en el consumo de recursos de Hardware.

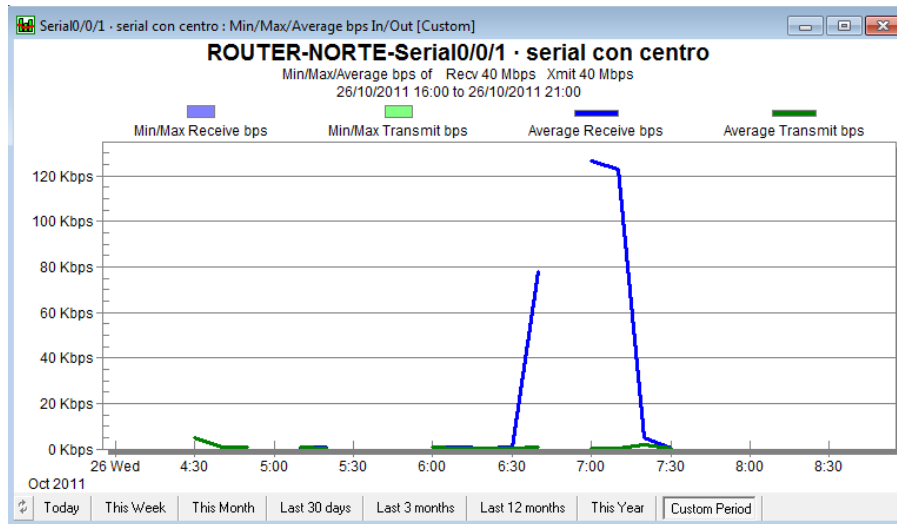


Figura 8. Monitoreo Serial Centro a Serial Norte

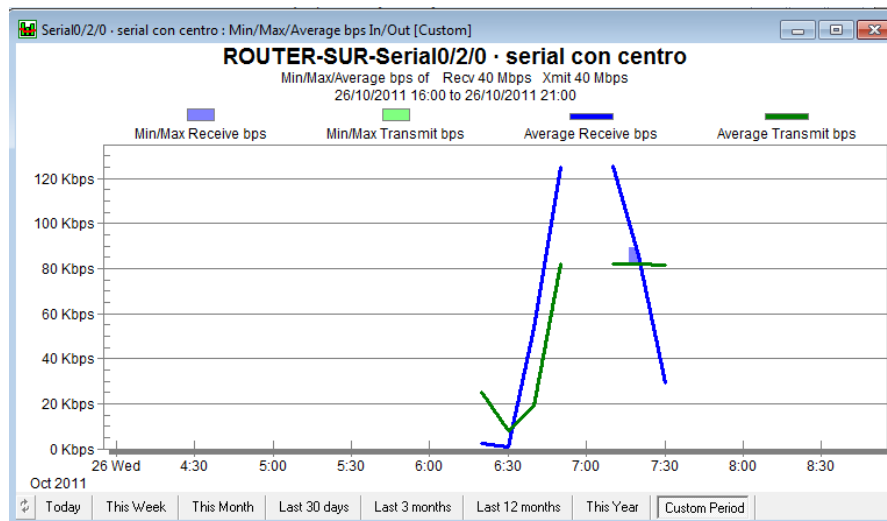


Figura 9: Monitoreo Serial Centro a Serial Sur

Para la interconexión de los Routers se definió un enlace entre las interfaces seriales de los mismos con un ancho de banda de 40 Mbps, para el cual se logró establecer que en los momentos pico de tráfico se presentaba una ocupación máxima de 120 Kbps, la cual no alcanza a ser igual al 1% de la capacidad total del canal.

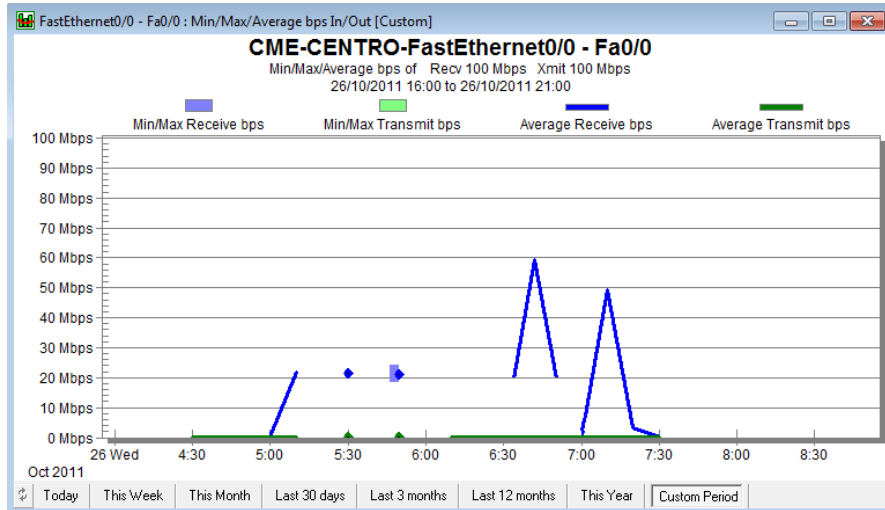


Figura 10: Monitoreo Fast Ethernet 0/0 Centro (Troncal)

Para la troncalización de la solución de VoIP, se implemento un enlace de 100 Mbps, la cual registro una ocupación maxima del 50 % del total disponible en la hora pico de tráfico.

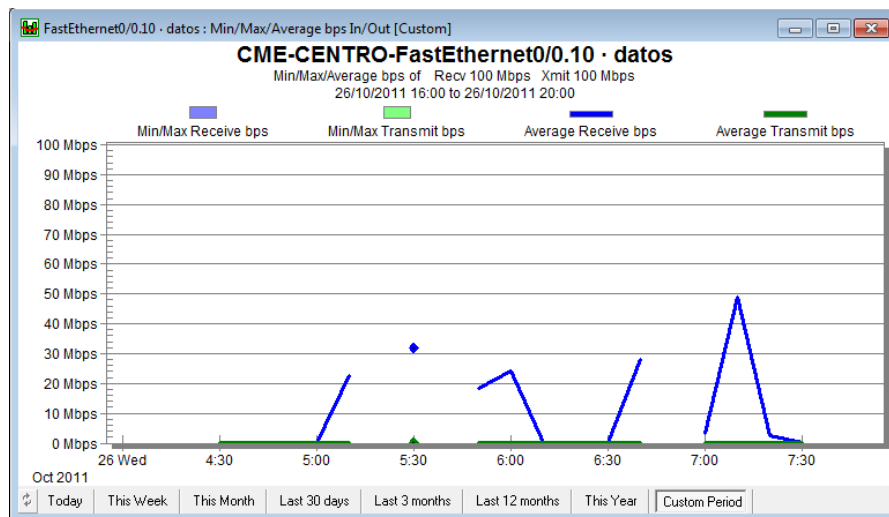


Figura 11: Monitoreo Fast Ethernet 0/0.10 Centro (VLAN Datos)

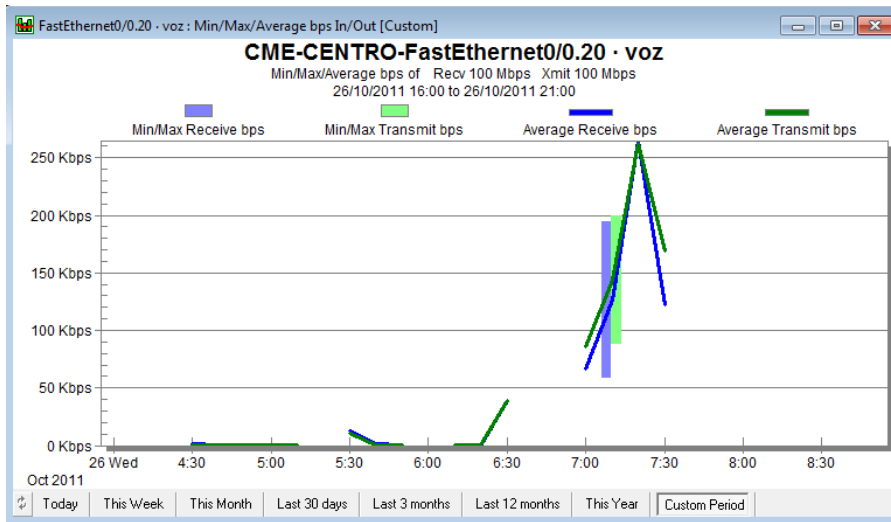


Figura 12: Monitoreo Fast Ethernet 0/0.20 Centro (VLAN Voz)

Para facilitar el direccionamiento de los paquetes que cursan por la red, se definieron dos *VLAN*, una para el tráfico de Voz y otra para el de Datos, ambos canales tienen un ancho de banda de 100 Mbps de los cuales para el de Voz se registro una ocupación del 50% y para el de Datos solo se alcanzo un pico máximo de 260 Kbps lo cual equivale al 0,26% de ocupación del canal.

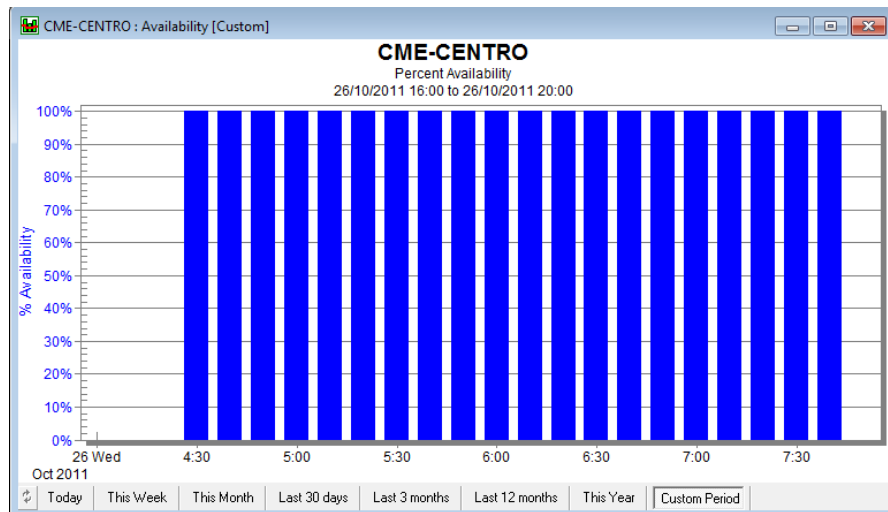


Figura 13: Disponibilidad Router Centro

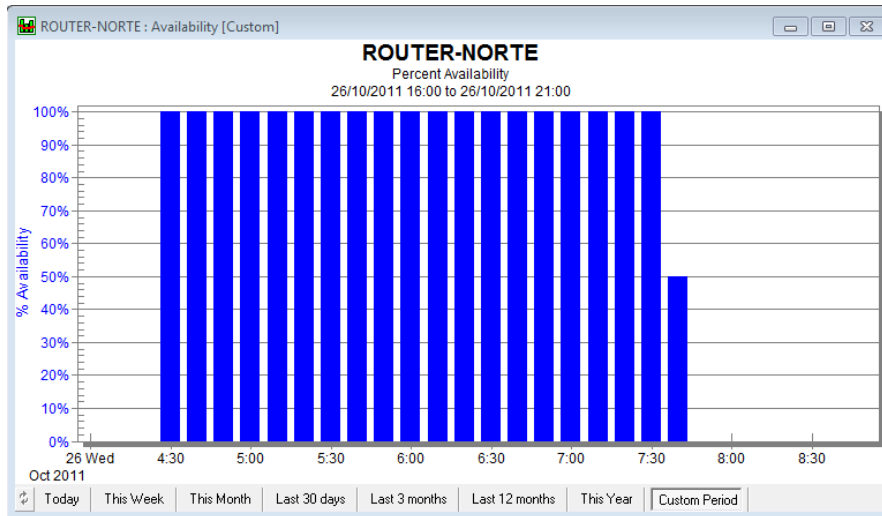


Figura 14: Disponibilidad Router Norte

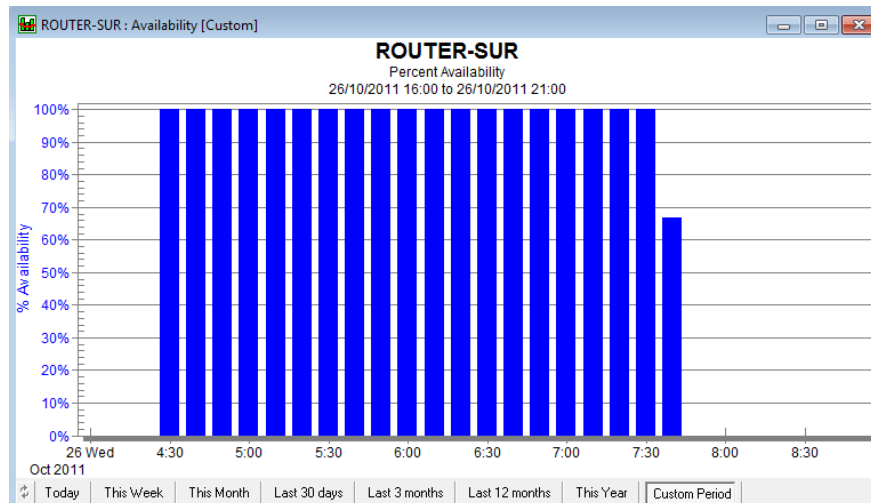


Figura 15: Disponibilidad Router Sur

Durante el tiempo de monitoreo se pudo observar que los Router ofrecen una disponibilidad del 100%, lo cual garantiza una prestación del servicio de manera ininterrumpida, esto debido a la redundancia con la que cuenta el diseño.

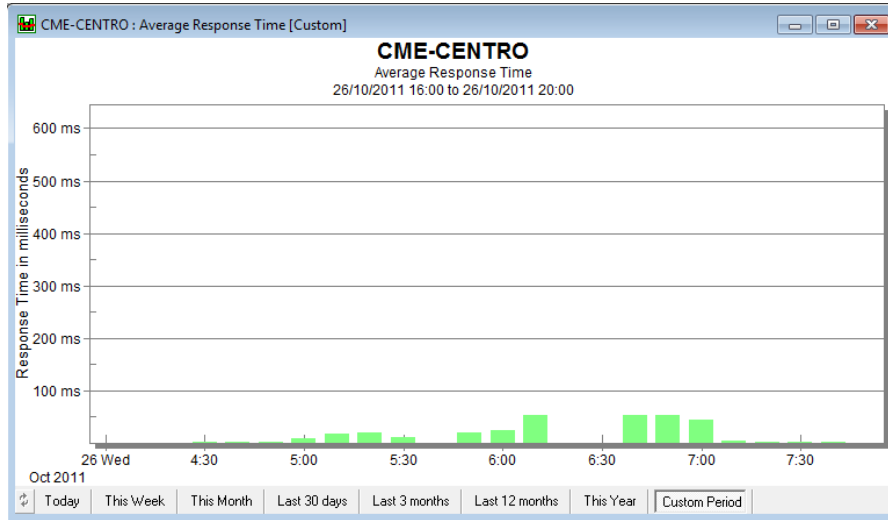


Figura 16: Latencia Router Centro

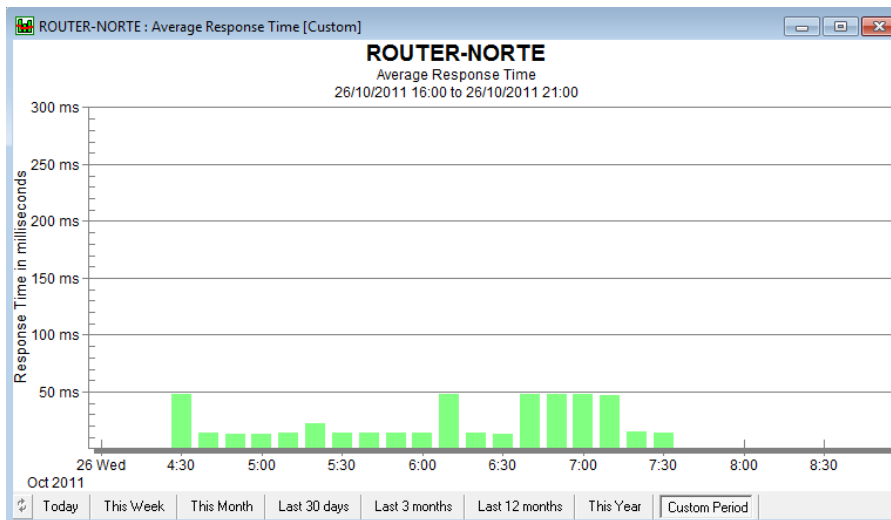


Figura 17: Latencia Router Norte

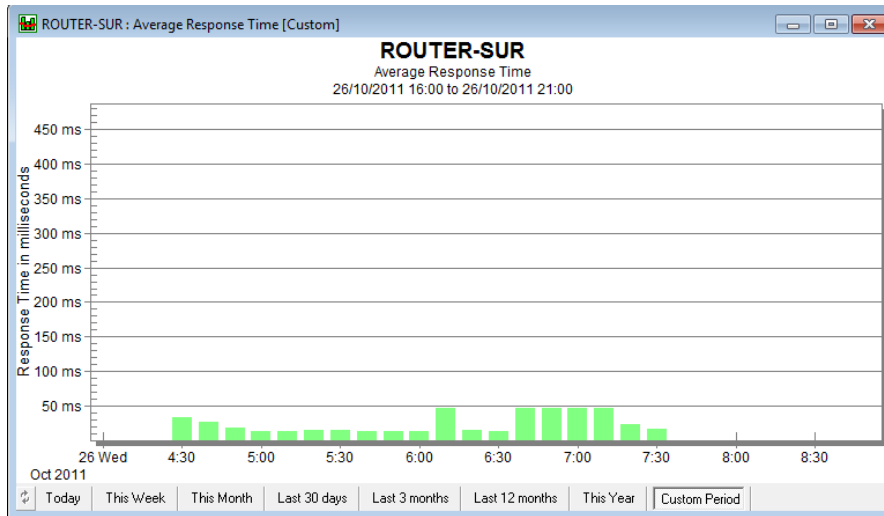


Figura 18: Latencia Router Sur

En el proceso de pruebas de telefonía se verifico que la solución cumple con los requisitos establecidos en la recomendación *RFC 2475* ya que la latencia máxima alcanzada fue de 50 ms.

Type	Node name	Name	Status	Peak Received bps - Today	Time of Peak Received bps	Peak Transmitted bps - Today	Time of Peak Transmitted bps
+	CME-CENTRO	FastEthernet0/0 - Fa0/0	●	60 Mbps	18:53	263 Kbps	19:30
+	CME-CENTRO	Serial0/0/0 - serial con sur	●	69 Kbps	19:19	125 Kbps	19:10
+	CME-CENTRO	Serial0/0/1 - serial con no...	●	1419 bps	19:19	127 Kbps	19:10
+	CME-CENTRO	FastEthernet0/0.10 - datos	●	49 Mbps	19:12	8504 bps	18:35
+	CME-CENTRO	FastEthernet0/0.20 - voz	●	264 Kbps	19:28	262 Kbps	19:28
+	ROUTER-NORTE	FastEthernet0/0 - Fa0/0	●	668 bps	19:21	4798 bps	19:21
+	ROUTER-NORTE	Serial0/0/0 - serial con sur	●	3969 bps	16:39	3861 bps	16:39
+	ROUTER-NORTE	Serial0/0/1 - serial con ce...	●	127 Kbps	19:04	5020 bps	16:39
+	ROUTER-NORTE	FastEthernet0/0.10 - datos	●	604 bps	19:21	4638 bps	19:21
+	ROUTER-NORTE	FastEthernet0/0.20 - voz	●	56 bps	18:10	552 bps	17:24
+	ROUTER-SUR	FastEthernet0/0 - Fa0/0	●	89 Kbps	19:28	89 Kbps	19:28
+	ROUTER-SUR	FastEthernet0/0.10 - datos	●	87 Kbps	19:28	87 Kbps	19:28
+	ROUTER-SUR	FastEthernet0/0.20 - Fa0/...	●	40 bps	16:40	93 bps	16:54
+	ROUTER-SUR	Serial0/2/0 - serial con ce...	●	125 Kbps	19:11	82 Kbps	19:20
+	ROUTER-SUR	Serial0/0/1 - serial con no...	●	939 bps	18:16	868 bps	18:16

Figura 19: Monitoreo de Tráfico pico

Debido a que la solución prevee un diseño centralizado la mayor cantidad de tráfico cursado se concentra en el Router Centro, haciendo que allí se registren los picos mas altos.

5. CAPITULO V

5.1. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Tras el desarrollo del proyecto se tuvo como producto una serie de conclusiones y recomendaciones, las cuales serán enunciadas a continuación.

5.1.1. CONCLUSIONES

- A pesar de hacer segmentación en la red, al momento de utilizar softphone y aplicar calidad de servicio, se presentan pérdidas considerables de paquetes debido a que en este caso no existe una diferenciación del tipo de tráfico, ya que los paquetes viajan a través del segmento de datos.
- Debido a la implementación de un plan de comunicaciones unificadas (*centralizadas*), el Router Centro realizara un mayor consumo de recursos debido a que a través de el cursa todo el tráfico y peticiones de servicio de la solución.
- La implementación del Call Manager Express, resulta mucho más simple mediante la utilización de SCCP, ya que los módulos de aplicación presentan una mayor productividad en este protocolo.
- El Call Manager Express es más robusto en la implementación de políticas de calidad de servicio (QoS), en comparación con Asterisk, ya que este último solo permite hacer una marcación de paquetes, lo cual viene acompañado de una reserva de recursos, generando así una mayor señalización y por lo tanto un mayor consumo de recursos y una baja escalabilidad de la solución.
- La principal ventaja que brinda un sistema centralizado es una alta movilidad a los usuarios que accedan a la plataforma mediante dispositivos móviles.

5.1.2. RECOMENDACIONES

- Se recomienda definir políticas de calidad de servicio (QoS) mediante la arquitectura de Servicios Diferenciados (*DiffServ*), ya que así se facilita la prevención y reducción de encolamientos y congestión en la red que pueda incrementar las pérdidas de paquetes y latencia, esto reduce considerablemente el consumo de recursos y tamaño de los paquetes que cursan por el canal.
- Se recomienda en diseños centralizados de comunicaciones unificadas implementar enlaces altamente redundantes para garantizar la disponibilidad del sistema.
- Se recomienda garantizar una mayor cantidad de recursos tanto de Hardware como de Software al Router Centro para evitar posibles colapsos o saturaciones del sistema.
- Se recomienda implementar este tipo de soluciones en empresas pequeñas o medianas, cuyo número de abonados no sea superior a los 240.

BIBLIOGRAFIA

- Pontificia Universidad Católica del Perú. <http://www.pucp.edu.pe>
- IP Voice–Blog. <http://www.ipvoicesa.com/blog/>
- SDT Ingeniería. <http://www.sdtingenieria.com>
- Routerman Blog. <http://routerman.blogspot.com>
- CISCO. <http://www.cisco.com/en/US/products/sw/voicesw/ps556/index.html>
- RFC 768
- RFC 793
- RFC 2475
- RFC 2705
- RFC 3261
- RFC 3435
- RFC 3550
- RFC 3711
- ITU-T REC H323
- ITU-T G.113
- ITU-T G711
- ITU-T G729

CONFIGURACIÓN CALLMANAGER EXPRESS CENTRALIZADO EN UNA ORGANIZACION MULTISITIO O CON REDES DISTRIBUIDAS.

TEMA: Configuración de Call Manager Express (CME) sobre un Router 2811 y Cisco IP Communicator (CIPC) en un entorno virtual "Packet Tracer".

Contenido

- Configuración Call Manager Express en Packet Tracer 5.3 sobre un Router 2811.
- Creación Extensiones Telefónicas IP.
- Configuración Extensiones Telefónicas.
- Configuración QoS.
- Configuración IP Communicator (CIPC).
- Establecimiento de llamadas.

Objetivos

- Ejecutar comandos de configuración de Router, Switch y Call Manager Express.
 - Ejecutar comando para verificación y operación de los CIPC en el CME.
-

Equipos

- 1 Host con Packet Tracer 5.3 instalado
- 3 Router 2811
- 3 Swicht 2960
- 3 cables seriales v.24
- 3 cables directos
- 3 PC

Procedimiento

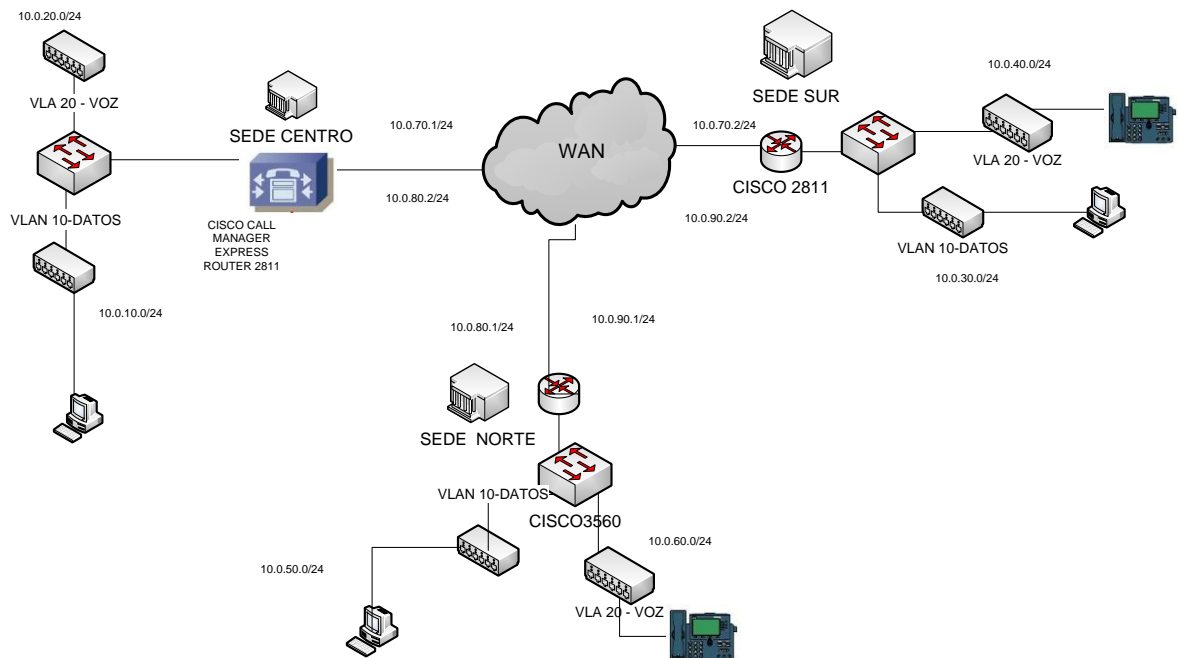
- **Instalación Packet Tracer 5.3**

Lo primero que debemos efectuar es la instalación del Packet Tracer en su versión 5.3 la cual implementa Router's 2811 con un IOS precargado para la configuración del Call Manager Express el cual será nuestra central telefónica IP.

- ***Topología de la Red.***

Luego de realizar la instalación del Packet Tracer se realizara la configuración del Cisco CallManager Express en un escenario centralizado utilizando un Router Cisco 2811 el cual realizara las funciones de central telefónica IP, servidor DHCP y en el cual se aplicaran las políticas de calidad de servicio Qos, dando como objetivo final la realización de un sistema de telefónica IP centralizado en el cual los host y los 2 Router de las 2 sedes realizaran las peticiones de DHCP y peticiones de telefonía al Router Principal donde se tiene configurado nuestro CallManager Express.

El esquema de conexiones y configuración es el siguiente:



Realice las conexiones de los dispositivos tal como se muestra en la imagen de la topología de la red.

1. Configuración Router Centro (CallManager Express)

- Configuración Direcccionamiento IP DHCP

Debido a que se plantea una conexión centralizada se debe realizar la configuración del servidor DCHP en nuestro Router principal manejando el direccionamiento de la imagen de la topología de red, se realizara la reserva de 10 IP´s por sede y por segmento eso para fines de administración además de ellos se configurara la opción 150 la cual permite a los teléfonos IP obtener una dirección IP para registrarse en el CME con lo cual se procede de la siguiente manera:

```
Router>
Router>enable
Router#configure terminal
Router(config)#ip dhcp excluded-address 10.0.10.1 10.0.10.10
Router(config)#ip dhcp excluded-address 10.0.20.1 10.0.20.10
Router(config)#ip dhcp excluded-address 10.0.30.1 10.0.30.10
Router(config)#ip dhcp excluded-address 10.0.40.1 10.0.40.10
Router(config)#ip dhcp excluded-address 10.0.50.1 10.0.50.10
Router(config)#ip dhcp excluded-address 10.0.60.1 10.0.60.10
Router(config)#ip dhcp pool voz-Centro
Router(dhcp-config)#network 10.0.20.0 255.255.255.0
Router(dhcp-config)#default-router 10.0.20.1
Router(dhcp-config)#option 150 ip 10.0.20.1
Router(dhcp-config)#exit
Router(config)#ip dhcp pool datos-Centro
Router(dhcp-config)#network 10.0.10.0 255.255.255.0
Router(dhcp-config)#default-router 10.0.10.1
Router(dhcp-config)#exit
Router(config)#ip dhcp pool voz-Sur
Router(dhcp-config)#network 10.0.40.0 255.255.255.0
Router(dhcp-config)#default-router 10.0.40.1
Router(dhcp-config)#option 150 ip 10.0.40.1
Router(dhcp-config)#exit
```

```
Router(config)#ip dhcp pool datos-Sur
Router(dhcp-config)#network 10.0.30.0 255.255.255.0
Router(dhcp-config)#default-router 10.0.30.1
Router(dhcp-config)#exit
Router(config)#ip dhcp pool voz-Norte
Router(dhcp-config)#network 10.0.60.0 255.255.255.0
Router(dhcp-config)#default-router 10.0.60.1

Router(dhcp-config)#option 150 ip 10.0.60.1

Router(dhcp-config)#exit
Router(config)#ip dhcp pool datos-Norte
Router(dhcp-config)#network 10.0.50.0 255.255.255.0
Router(dhcp-config)#default-router 10.0.50.1
Router(dhcp-config)#exit
```

- Direccionamiento y Configuración interfaces y seriales

A continuación se configuraran la interface FastEthernet que se conectara directamente al Switch ya que hemos creado dos pool de direcciones uno para datos y otro para voz debemos crear dos Vlan en la interface FastEthernet 0/0 y configurar las dos seriales que conectaran las sedes de nuestra topología con lo cual procedemos de la siguiente manera.


```
Router(config)#interface FastEthernet0/0.10
Router(config-subif)# description DATOS-Centro
Router(config-subif)# encapsulation dot1Q 10
Router(config-subif)# ip address 10.0.10.1 255.255.255.0
Router(config-subif)#interface FastEthernet0/0.20
Router(config-subif)# description VOZ-Centro
Router(config-subif)# encapsulation dot1Q 20
Router(config-subif)# ip address 10.0.20.1 255.255.255.0
Router(config)#interface FastEthernet0/0
Router(config-subif)# no shutdown
```

Ahora configuraremos las seriales que conectan los dos Router de las sedes Sur y Norte con lo cual procedemos de la siguiente manera:

```
Router(config)#interface serial 0/0/0
Router(config-if)#ip address 10.0.70.1 255.255.255.0
Router(config-if)#description serial con SUR
Router(config-if)#clock rate 56000
Router(config-if)#exit
Router(config)#interface serial 0/0/1
Router(config-if)#ip address 10.0.80.1 255.255.255.0
Router(config-if)#description serial con NORTE
Router(config-if)#clock rate 56000
Router(config-if)#exit
```

- Configuración enrutamiento

Ya que se está manejando un solo direccionamiento el cual es el 10.0.0.0 se procederá a configurar un enrutamiento Rip con esta ruta para que así conozca los diferentes equipos que se conectan a la Red con lo cual procedemos de la siguiente manera:

```
Router(config)#router rip
```

```
Router(config-router)#network 10.0.0.0
```

```
Router(config-router)#exit
```

- Configuración QoS

Los parámetros a configurar en el Router sobre las políticas de calidad de servicio QoS se deben aplicar a los diferentes paquetes de datos aplicando prioridades de acuerdo a la importancia en la red estas políticas se deben configurar en la interfaz que es borde con otro Router o con la WAN con lo cual procedemos de la siguiente manera:

```
Router(config)#
```

```
Router(config)#class-map match-all importante
```

```
Router(config-cmap)# match protocol skinny
```

```
Router(config-cmap)# match protocol sip
```

```
Router(config-cmap)#class-map match-any medio
```

```
Router(config-cmap)# match protocol telnet
```

```
Router(config-cmap)#class-map match-any bajo
```

```
Router(config-cmap)# match protocol http
```

```
Router(config-cmap)#policy-map markingpolicy
```

```
Router(config-pmap)# class importante
```

```
Router(config-pmap-c)# set precedence 7
```

```
Router(config-pmap-c)# class medio
```

```
Router(config-pmap-c)# set precedence 5
```

```
Router(config-pmap-c)# class bajo
```

```
Router(config-pmap-c)# set precedence 3
```

Luego de haber configurado las políticas y prioridades debemos configurar estos parámetros en la interfaz que conecta a otro Router o interfaz que conecta a la WAN

En nuestro caso lo debemos configurar en las dos seriales que conectan las sedes Sur y Norte con lo cual se procede de la siguiente manera:

```
Router(config)#interface serial0/0/0
```

```
Router(config-if)#service-policy output markingpolicy
```

```
Router(config-if)#exit
```

```
Router(config)#interface serial0/0/1
```

```
Router(config-if)#service-policy output markingpolicy
```

```
Router(config-if)#exit
```

- Configuración telephony-service

El CallManager Express es la versión ligera o express del CallManager unificada communication el cual es instalado en servidores por el contrario el CallManager Express corre en Router cisco ISR v1 y v2 series 1700, 2800 y 3800 el cual posee algunas funciones básicas del mismo CallManager lo suficientes para hacer del CallManager Express una herramienta para implementar en pequeños entornos con una relación costo-beneficio bastante alta a continuación habilitaremos el servicio de telefonía en nuestro Router 2811 cisco con lo cual procederemos de la siguiente manera:

```
Router (config)#telephony-service
Router (config-telephony)#max-ephones 4
Router (config-telephony)#max-dn 4
Router (config-telephony)#keepalive 15
Router (config-telephony)#system message CALLMANAGER UMNG
Router (config-telephony)#create cnf-files
Router(config-telephony)#ip source-address 10.0.20.1 port 2000
Router(config-telephony)#voicemail 3999
Router(config-telephony)#max-conferences 3
```

Para nuestro caso solo se realizara la configuración de 3 host con CIPC con un máximo de 2 números de directorio además de ellos se a configurado un keepalive de 15 este tiempo especifica el tiempo que se debe esperar para que el teléfono decline al buzón de voz o se marque como inaccesible o inalcanzable, de igual manera con el comando voicemail se a configurado un numero de buzón de voz para que las llamadas sean declinadas a este número con el comando system message se configura un mensaje el cual aparecerá en todos los equipos que se autenticuen frente al CallManager Express el parámetro max-conferences se configura de acuerdo al número de participantes que se deseen agregar a una conversación o llamada por último se debe configurar la dirección IP del CallManager con un puerto 2000 el cual es utilizado por SCCP o SKYNNI el protocolo usado por cisco.

- Configuración Extensiones y Números de directorio

Las extensiones y números de directorios se deben crear de acuerdo al número máximo de extensiones y números de directorios establecidos en el telephony-service para la configuración se procede de la siguiente manera:

```
Router(config)#ephone-dn 1 dual-line
Router(config-ephone-dn)#number 5001
Router(config-ephone-dn)#name host 1
Router(config-ephone-dn)#description host 1
Router(config-ephone-dn)#exit
```

En este caso hemos creado la extensión número 1 con número de extensión 5001 a la cual se le ha asignado el nombre host 1 y descripción host 1 esto con el fin de que este número realice una llamada sea identificado el parámetro dual-line es establece con el fin de crear una segunda línea con la cual pueda recibir una segunda llamada.

Los demás números de directorio y extensiones se configuran de igual forma variando el número de extensión número de directorio y la descripción.

- Configuración Teléfonos

En el momento de configurar los teléfonos se deben tener en cuenta dos parámetros importantes como lo es la MAC del equipo y el tipo de teléfono ya se IP Communication o teléfono fisco de la serie 79xx o simplemente un ATA al cual se conecta un teléfono tradicional análogo ya que estos parámetros son fundamentales en la configuración y correcto funcionamiento del equipo a continuación se procederá a configurar un CIPC en el cual la MAC a configurar es la MAC de la tarjeta de red del equipo que se conecta al swicht

```
Router(config)#ephone 1
Router(config-ephone)#mac-address xxxx.xxxx.xxxx
Router(config-ephone)#type CIPC
Router(config-ephone)#button 1:1
```

Demás teléfonos se configuran de similar forma en el caso de ser un equipo ATA o teléfono 79XX se cambia el type y se le debe agregar la MAC del equipo.

- Configuración Switch Centro

Ya que hemos configurado en nuestro Router dos Vlan por lo cual debemos configurar estas en nuestro Switch indicando puertos de acceso y Troncal con el Router con lo cual procedemos de la siguiente manera:

```
Switch>enable
```

```
Switch#configure terminal
```

```
Switch(config)#interface FastEthernet0/1
```

```
Switch(config-if)# switchport mode trunk
```

```
Switch(config-if)# spanning-tree portfast
```

```
Switch(config-if)#interface FastEthernet0/2
```

```
Switch(config-if)# switchport access vlan 10
```

```
Switch(config-if)# switchport mode access
```

```
Switch(config-if)# switchport voice vlan 20
```

```
Switch(config-if)# spanning-tree portfast
```

```
Switch(config-if)#interface FastEthernet0/3
```

```
Switch(config-if)# switchport access vlan 10
```

```
Switch(config-if)# switchport mode access
```

```
Switch(config-if)# switchport voice vlan 20
```

```
Switch(config-if)# spanning-tree portfast
```

```
Switch(config-if)#exit
```

Se ha configurado de manera tal que el puerto No 1 de nuestro Switch sea troncal con el Router y los puertos 2 hasta el 24 sean de acceso para nuestras Vlan configuradas.

- ✓ Los Switch de las sedes Norte y Sur se configuran de igual forma.

Con esto tenemos configurada en su totalidad nuestra sede Centro la cual será nuestra sede principal para nuestro diseño centralizado con lo cual se seguirá con la configuración de las sede Norte la cual es similar a la sede Sur cambiando su configuración de enrutamiento.

2. Configuración Router Norte

- Direccionamiento y Configuración interfaces y seriales

A continuación se configuraran la interface FastEthernet que se conectara directamente al Switch ya que hemos creado dos pool de direcciones uno para datos y otro para voz debemos crear dos Vlan en la interface FastEthernet 0/0 y configurar las dos seriales que conectaran las sedes de nuestra topología con lo cual procedemos de la siguiente manera.

```
Router(config)#interface FastEthernet0/0.10
```

```
Router(config-subif)# description DATOS-Norte
```

```
Router(config-subif)# encapsulation dot1Q 10
```

```
Router(config-subif)# ip address 10.0.50.1 255.255.255.0
```

```
Router(config-subif)#!
```

```
Router(config-subif)#interface FastEthernet0/0.20
```

```
Router(config-subif)# description VOZ-Norte
```

```
Router(config-subif)# encapsulation dot1Q 20
```

```
Router(config-subif)# ip address 10.0.60.1 255.255.255.0
```

Ahora configuraremos las seriales que conectan los dos Router de las sedes Sur y Norte con lo cual procedemos de la siguiente manera:

```
Router(config)#interface serial 0/0/0
```

```
Router(config-if)# ip address 10.0.90.2 255.255.255.0
```

```
Router(config-if)#d description serial con centro
```

```
Router(config-if)#exit
```

```
Router(config)#interface serial 0/0/1
```

```
Router(config-if)#ip address 10.0.80.2 255.255.255.0
```

```
Router(config-if)#description serial con Sur
```

```
Router(config-if)#clock rate 56000
```

```
Router(config-if)#exit
```

- Configuración enrutamiento

Ya que se está manejando un solo direccionamiento el cual es el 10.0.0.0 se procederá a configurar un enrutamiento Rip con esta ruta para que así conozca los diferentes equipos que se conectan a la Red con lo cual procedemos de la siguiente manera:

```
Router(config)#router rip
```

```
Router(config-router)#network 10.0.0.0
```

```
Router(config-router)#exit
```


- Configuración Ip helper-address

El comando ip helper-address es utilizado en las seriales de nuestro diseño con el fin de transmitir las peticiones de Broadcast en Relay a nuestro servidor DHCP ubicado en la sede Centro.

```
Router(config)#interface serial 0/0/0
```

```
Router(config-if)#ip helper-address 10.0.90.1
```

```
Router(config-if)#exit
```

```
Router(config)#interface serial 0/0/1
```

```
Router(config-if)#ip helper-address 10.0.80.1 255.255.255.0
```

```
Router(config-if)#exit
```

3. Configuración Router Sur

- Direccionamiento y Configuración interfaces y seriales

A continuación se configuraran la interface FastEthernet que se conectara directamente al Switch ya que hemos creado dos pool de direcciones uno para datos y otro para voz debemos crear dos Vlan en la interface FastEthernet 0/0 y configurar las dos seriales que conectaran las sedes de nuestra topología con lo cual procedemos de la siguiente manera.

```
Router(config)#interface FastEthernet0/0.10
```

```
Router(config-subif)# description DATOS-Norte
```

```
Router(config-subif)# encapsulation dot1Q 10
```

```
Router(config-subif)# ip address 10.0.30.1 255.255.255.0
```

```
Router(config-subif)#interface FastEthernet0/0.20
```

```
Router(config-subif)# description VOZ-Norte
```

```
Router(config-subif)# encapsulation dot1Q 20
```

```
Router(config-subif)# ip address 10.0.40.1 255.255.255.0
```

Ahora configuraremos las seriales que conectan los dos Router de las sedes Sur y Norte con lo cual procedemos de la siguiente manera:

```
Router(config)#interface serial 0/0/1
```

```
Router(config-if)# ip address 10.0.70.2 255.255.255.0
```

```
Router(config-if)#d description serial con centro
```

```
Router(config-if)#exit
```

```
Router(config)#interface serial 0/0/0
```

```
Router(config-if)#ip address 10.0.90.1 255.255.255.0
```

```
Router(config-if)#description serial con norte
```

```
Router(config-if)#exit
```

- Configuración enrutamiento

Ya que se está manejando un solo direccionamiento el cual es el 10.0.0.0 se procederá a configurar un enrutamiento Rip con esta ruta para que así conozca los diferentes equipos que se conectan a la Red con lo cual procedemos de la siguiente manera:

```
Router(config)#router rip
```

```
Router(config-router)#network 10.0.0.0
```

```
Router(config-router)#exit
```

- Configuración Ip helper-address

El comando ip helper-address es utilizado en las seriales de nuestro diseño con el fin de transmitir las peticiones de Broadcast en Relay a nuestro servidor DHCP ubicado en la sede Centro.

```
Router(config)#interface serial 0/0/0
```

```
Router(config-if)#ip helper-address 10.0.90.2
```

```
Router(config-if)#exit
```

```
Router(config)#interface serial 0/0/1
```

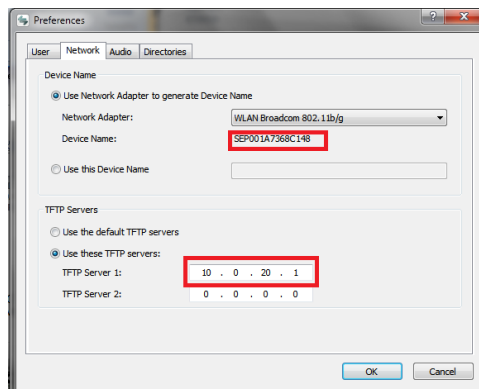
```
Router(config-if)#ip helper-address 10.0.70.1 255.255.255.0
```

```
Router(config-if)#exit
```

Con los elementos de red configurados se procede a configurar el IP Communicator el cual será nuestro teléfono virtual con el que se realizaran nuestras llamadas.

- Configuración IP Communicator CIPC

Para la previa configuración del IP communication se procederá de la siguiente manera.



Un vez configurado estos parámetros el IP communication se debe registrar frente al CallManager con lo cual nos mostrara nuestra extensión y descripción anteriormente configurados.



Como se puede evidenciar los parámetros configurados se ven reflejados en el display de nuestro IP Communicator como lo es nuestro mensaje número de extensión y descripción.

- ✓ Los pasos realizados en esta guía se han realizado en el simulador de cisco Packet Tracer con lo cual se podrán ver estas configuración en el archivo adjunto.